



SKRIPSI - ME 141501

**PERANCANGAN KOORDINASI PROTEKSI ARUS  
LEBIH PADA SISTEM KELISTRIKAN DI  
PERENCANAAN KAPAL TANKER  
MENGUNAKAN *TRIP DEVICE ELECTRO-  
MECHANICAL***

Riantini Karmina  
NRP 4213 100 095

Dosen Pembimbing  
Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**SKRIPSI - ME 141501**

**DESIGNING PROTECTION COORDINATION OF  
OVERCURRENT ON ELECTRICAL SYSTEM IN  
TANKER SHIP PLAN USING ELECTRO  
MECHANICAL TRIP DEVICE**

Riantini Karmina  
NRP 4213 100 095

Supervisor  
Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LEMBAR PENGESAHAN

**Perancangan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan Di  
Perencanaan Kapal Tanker Menggunakan *Trip Device Electro Mechanical***

**Skripsi**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Riantini Karmina**  
**NRP. 4213 100 095**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.  
NIP : 1956 0519 1986 10 1001



**SURABAYA**  
**Juli, 2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# LEMBAR PENGESAHAN

## **Perancangan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal Tanker Menggunakan *Trip Device Electro Mechanical***

### **Skripsi**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Riantini Karmina**  
**NRP. 4213 100 095**

Disetujui oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.**  
**NIP. 1977 0802 2008 01 1007**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **Perancangan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal Tanker Menggunakan *Trip Device Electro Mechanical***

**Nama Mahasiswa** : Riantini Karmina  
**NRP** : 4213 100 095  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

### **ABSTRAK**

Gangguan pada sistem kelistrikan di kapal merupakan suatu hal yang sangat sulit terelakan sehingga diperlukannya sebuah sistem proteksi untuk memisahkan daerah yang terganggu dari sistem. Gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan umumnya berupa arus hubung singkat. Arus hubung singkat terjadi diakibatkan adanya gangguan impedansi yang sangat kecil (mendekati nol) antara dua penghantar aktif dalam kondisi operasi normal yang berbeda potensialnya sehingga menyebabkan terjadinya arus lebih. Salah satu peralatan yang digunakan untuk mengamankan gangguan tersebut adalah *circuit breaker*. *Circuit breaker* melakukan pemutusan kontak dengan peralatan atau sistem yang mengalami gangguan menggunakan peralatan *trip device electrcomechanical*. Prinsip kerja dari *trip device electrcomechanical* memanfaatkan arus listrik yang mengalir pada *circuit breaker* dan menginduksi magnet pada bagian *trip device* untuk memindahkan kontak dari posisi tutup menjadi buka. Fokus pembahasan tugas akhir ini mengenai pengaturan koordinasi proteksi setiap *circuit breaker* dalam empat kondisi operasi generator di kapal menggunakan software ETAP. Dari hasil simulasi saat kondisi berlayar besarnya nilai arus hubung singkat pada Bus satu yaitu, 8,2 kA. Waktu *pemutusan trip device circuit breaker* saat berlayar pada tipikal gangguan satu sebesar sebesar 0,75 detik untuk *circuit breaker* no.29; 0,83 detik untuk *circuit breaker* no. 37 dan 1 detik untuk *circuit breaker* no. 28.

**Kata Kunci:** *Arus Hubung Singkat, Circuit Breaker, Gangguan, Proteksi Arus Lebih.*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **Designing Protection Coordination of Overcurrent on Electrical System in Tanker Ship Plan Using Electro Mechanical Trip Device**

**Name** : Riantini Karmina  
**NRP** : 4213 100 095  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor** : Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

### **ABSTRACT**

Disturbance of power system in ship is unavoidable case that required a function from safety system to separate the affected parts of system. The disturbance in electrical system generally is a short-circuit current. Short circuit current is affected when there are two conductors having lowest impedance in normal condition that have two different voltages thus causing an overcurrent. There is one of the device protection to prevent a disturbance like short circuit current, is circuit breaker. It opens the contact with component or system that disturbance using electromechanical trip device. The principal operating of trip device is using electric current flow in the circuit breaker and the magnet induces the tripping part to move the contact from the closed position to the opened position. The main discussion for thesis is to coordinate circuit breakers in four operating conditions of the ship's generator using software ETAP. The simulation of the result obtained value of short circuit in main bus one at sailing condition is 8.2 kA. Tripping time for the circuit breakers in sailing condition at one typical disturbance are 0.75 seconds for circuit breaker number 29; 0.83 seconds for circuit breaker number 37 and 1 second for circuit breaker number 28.

**Keywords:** *Circuit Breaker, Disturbance, Overcurrent Protection, Short circuit*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirabbil Alaamiin.* Atas berkat rahmat Allah yang Maha Kuasa, penulis panjatkan puji dan syukur telah terselesaikannya skripsi yang berjudul “**Perancangan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan Di Perencanaan Kapal Tanker Menggunakan Trip Device Electro-Mechanical**” dengan baik tepat pada waktunya.

Penulisan skripsi ini disusun guna menyelesaikan salah satu dari beban satuan kredit semester (SKS) dan memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih atas kasih sayang dan dukungan moral serta material kepada kedua orang tua penulis Djaini dan Munawaroh beserta keluarga tercinta. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat dicantumkan satu persatu. Khususnya kepada beberapa pihak berikut ini:

1. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT sebagai Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Ir. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Orang Tua dan adik kakak penulis yang terus memberikan doa dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu.
4. Ryan Ananta Mufied R. yang selalu memberikan semangat dan motivasi dengan penuh kasih dan sayang.
5. Kepada Inesya Murti, Maya Pragita S, Silviana Malinda R dan Yunita A yang memberikan semangat dan doa untuk penulis agar menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
6. Kepada Mayang Krisna W, Fathia Fauziah A, Rizqiyah A, Paramitha S, Balqis S, Nabil Putra H, Edo Legowo, Rizky P, Kaafin Naufal, M. Adi N, I Gde Manik, dan Faisal Ridho yang selalu memberikan semangat untuk berjuang menyelesaikan tugas akhir agar menjadi wisudawan 116 bersama-sama.
7. Seluruh teman-teman BARAKUDA 13 mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS angkatan 2013 yang telah bersama-sama berjuang dalam menempuh sarjana teknik.

8. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah membirikan fasilitas dalam penyelesaian skripsi ini.

Demikian besar harapan penulis atas hasil dari skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya serta dapat bermanfaat bagi adik-adik tingkat dalam penyelesaian tugas skripsi kedepannya sebagai bahan referensi. Mohon maaf penulis sampaikan apabila ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Koreksi dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dalam penyempurnaan skripsi ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Arus Lebih.....	3
2.2 <i>Circuit Breaker</i> .....	3
2.2.1 <i>Trip Device Circuit Breaker</i> .....	4
2.3 Koordinasi Proteksi .....	5
2.4 Karakteristik Kurva Arus waktu.....	8
BAB III METODE PENELITIAN .....	11
BAB IV ANALISA DATA .....	15
4.1 Gambaran Umum .....	15
4.2 Data .....	16
4.2.1 Data Utama Kapal .....	16
4.3 Rangkaian <i>Online</i> Diagram .....	17
4.4 Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> .....	18
4.5 Hasil Nilai Arus Hubung Singkat.....	18
4.5.1 Kondisi Berlayar .....	18
4.5.2 Kondisi <i>Maneuvering</i> .....	19
4.5.3 Kondisi Bongkar Muat .....	21
4.5.4 Kondisi Di Pelabuhan.....	22
4.6 Pengaturan <i>Circuit Breaker</i> .....	24
4.7 Analisa Kurva Arus-Waktu .....	28
4.7.1 Kurva Arus-Waktu Kondisi Berlayar .....	28
4.7.2 Kurva Arus Waktu Kondisi <i>Maneuvering</i> .....	33
4.7.3 Kurva Arus Waktu Kondisi Bongkar Muat.....	37

4.7.4 Kurva Arus Waktu Kondisi Di Perlabuhan .....	39
BAB V PENUTUP .....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN .....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1.1 Ilustrasi arus hubung singkat .....	3
Gambar. 2.2.1 Prinsip Kerja Circuit Breaker .....	4
Gambar. 2.2.1.1 Proses kontak terbuka dan tertutup.....	5
Gambar. 2.3.1 Proteksi Circuit Breaker Saling Overlap .....	6
Gambar. 2.3.2 Penentuan <i>Circuit Breaker</i> .....	7
Gambar. 2.4.1 Kurva Arus-Waktu .....	8
Gambar. 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	14
Gambar. 4.3.1 <i>Oneline</i> Diagram .....	17
Gambar. 4.6.1 Penentuan Jenis <i>Trip Device</i> .....	24
Gambar. 4.6.2 Spesifikasi <i>Circuit Breaker</i> .....	25
Gambar. 4.6.3 Menentukan Rating Arus <i>Circuit Breaker</i> .....	25
Gambar. 4.6.4 Pengujian <i>Trip Circuit Breaker</i> .....	27
Gambar. 4.7.2.1 <i>Oneline</i> Diagram Tipikal Gangguan 1.....	33
Gambar. 4.7.2.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 6 dan CB no. 13....	33
Gambar. 4.7.2.3 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 6 dan CB no. 13....	34
Gambar. 4.7.2.4 <i>Oneline</i> Diagram Tipikal Gangguan 3.....	35
Gambar. 4.7.2.5 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 42 dan CB no. 44..	35
Gambar. 4.7.2.6 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 2, CB no. 42 dan CB no. 44.....	36
Gambar. 4.7.3.1 <i>Oneline</i> Diagram Tipikal Gangguan 1.....	37
Gambar. 4.7.3.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.4, CB no. 39 dan CB no. 63..	37
Gambar. 4.7.3.3 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 4, CB no. 39 dan CB no. 63.....	38
Gambar. 4.7.4.1 <i>Oneline</i> Diagram Tipikal Gangguan 1.....	39
Gambar. 4.7.4.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.3, CB no. 38 dan CB no. 56..	39
Gambar. 4.7.4.3 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 4, CB no. 38 dan CB no. 56.....	40

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Table 4.2.1.1 Ukuran Utama dan Peralatan Penggerak Kapal.....	16
Table 4.5.1.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Berlayar .....	18
Table 4.5.2.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi <i>Maneuvering</i> .....	19
Table 4.5.3.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Bongkar Muat.....	21
Table 4.5.4.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Di Pelabuhan .....	22

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gangguan dalam sistem distribusi listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik. Sistem kelistrikan di kapal merupakan salah satu elemen penting yang menunjang kegiatan operasional. Jika terjadi gangguan dalam penyalurannya, hal ini dapat menyebabkan kapal tidak dapat beroperasi secara optimal. Untuk itu perlu adanya sebuah sistem proteksi yang bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya suatu gangguan dalam pendistribusian listrik. Agar pasokan listrik untuk peralatan dapat terpenuhi. Sistem proteksi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga kelangsungan dan keamanan produksi energi listrik.

Sistem proteksi diterapkan pada saat adanya suatu gangguan meliputi arus hubung singkat atau penurunan tegangan. Indikator kesalahan yang paling umum adalah adanya peningkatan mendadak dan umumnya signifikan dalam hal arus. akibatnya, proteksi arus banyak diaplikasikan dalam dunia kelistrikan.

Penerapan sistem proteksi di kapal akibat adanya arus lebih dengan penggunaan *circuit breaker* dan *fuse*. *Circuit Breaker* adalah salah satu alat proteksi yang berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut melebihi kemampuannya. Dan *circuit breaker* menghubungkan rangkaian tersebut kembali apabila arus gangguan sudah diatasi.

Pada tugas akhir ini pokok bahasan hanya pada *circuit breaker*. Selain memilih *circuit breaker* sebagai pengaman yang digunakan dalam sistem proteksi, dilakukan pula pengaturan koordinasi beberapa *circuit breaker* untuk menentukan waktu pemutusan kontak *circuit breaker* terhadap sistem agar dapat melindungi daerah yang mengalami gangguan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Berapa arus hubung singkat pada setiap bus dalam sistem kelistrikan di kapal?
2. Bagaimana pengaturan *circuit breaker* yang tepat untuk mengamankan sistem kelistrikan akibat adanya arus lebih di kapal?

### **1.3 Batasan Masalah**

Berikut ini merupakan batasan-batasan masalah yang ada dalam pembuatan penelitian ini:

1. Analisa hanya difokuskan pada pengaturan proteksi arus lebih dan pengaturan *circuit breaker*.
2. Tidak menganalisa dari segi ekonomi.
3. Simulasi hanya dilakukan pada *software* ETAP.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui seberapa besar arus hubung singkat pada setiap bus dalam sistem kelistrikan kapal.
2. Mengetahui pengaturan *circuit breaker* akibat adanya arus lebih agar sistem berjalan optimal.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai studi lebih lanjut pada sistem koordinasi proteksi kelistrikan di kapal.
2. Menambah pengetahuan mengenai salah satu proteksi yang dapat di aplikasikan di kapal.

## BAB II

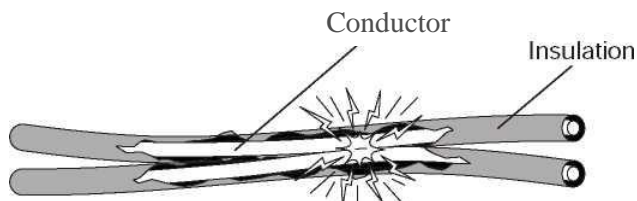
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Arus Lebih

Arus yang mengalir pada konduktor selalu menghasilkan panas. Jika arus yang mengalir besar menyebabkan konduktor semakin panas. Panas yang berlebih diakibatkan dari arus mengalir yang terlalu tinggi dapat merusak peralatan elektrik. Panas yang terlalu tinggi akibat dari arus yang mengalir terlalu besar dapat menyebabkan rusak dan terbakarnya isolasi pada suatu peralatan. Untuk itu perlu adanya suatu alat yang berfungsi untuk mengamankan suatu peralatan atau rangkaian untuk menghindari terjadinya kerusakan seperti di atas.

Arus yang berlebih disebut sebagai arus lebih (*overcurrent*). Arus lebih disebabkan dari beban berlebih, atau arus hubung singkat. Beberapa *circuit breaker* hanya memberikan proteksi berupa hubung singkat saja, tapi kebanyakan *circuit breaker* juga memberikan proteksi selain hubung singkat dan beban berlebih dan beberapa *circuit breaker* memberikan proteksi untuk semua jenis dari arus lebih tersebut (arus hubung singkat dan beban berlebih). (Siemens, Basic of Circuit Breaker)

Arus hubung singkat terjadinya karena adanya resistansi rendah terhadap arus yang timbul akibat adanya konduktor tanpa isolasi yang disentuh. Ketika arus hubung singkat terjadi pada tegangan tertentu, resistansi pada kondisi arus hubung singkat mengalami penurunan yang menyebabkan nilai arus hubung singkat menjadi lebih besar dari arus nominalnya. (Siemens, Basic of Circuit Breaker)



Gambar. 2.1.1 Ilustrasi arus hubung singkat  
(Siemens, Basic of Circuit Breaker)

#### 2.2 Circuit Breaker

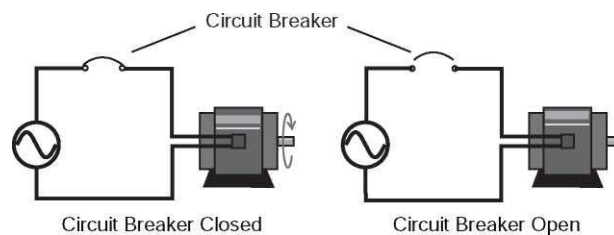
Ada banyak bentuk proteksi pada peralatan listrik yang didesain untuk mengamankan sistem distribusi listrik jika terjadi gangguan. Sebagaimana apapun peralatan listrik dirancang dan dioperasikan kemungkinan terjadinya gangguan selalu ada. Salah satu gangguan yang timbul pada peralatan listrik yaitu, pengoperasian yang kurang tepat dan kemunduran akibat pemakaian yang mengakibatkan terjadinya *overcurrent*, *undervoltage* dan *overvoltage*. Untuk itu diperlukan sebuah sistem pengamanan pada peralatan listrik salah satunya *circuit breaker*. (Siemens, Basic of Circuit Breaker)

*Circuit breaker* merupakan salah satu alat proteksi untuk memutus dan menyambungkan suatu rangkaian dan sebagai proteksi arus lebih secara otomatis.

Berbeda dengan *fuse*, yang harus digantikan dengan yang baru apabila *fuse* sudah digunakan (kondisi *open*), *circuit breaker* dapat di *reset* kembali saat kondisi *circuit breaker open* dengan menekan *handle* ke posisi *close*. (Siemens, Basic of Circuit Breaker)

Semua *circuit breaker* beroperasi mengikuti beberapa fungsinya. *Sense*, sebuah *circuit breaker* akan merasakan apabila ada arus yang nilainya melebihi dari arus nominalnya yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan *circuit breaker* itu sendiri. *Measure*, apabila sebuah arus lebih mengalir pada suatu rangkaian, *circuit breaker* dapat mengukur besarnya nilai dari arus lebih tersebut. Selanjutnya *Act*, pada fungsi ini *circuit breaker* dapat memutuskan suatu rangkaian listrik dengan tepat untuk menghindari terjadinya kerusakan pada *circuit breaker* dan komponen yang di lindungi apabila nilai dari arus lebih tersebut melebihi dari arus nominalnya.

Prinsip kerja dari *circuit breaker* dapat dijelaskan pada ilustrasi gambar 1 yaitu, dari ilustrasi berikut, sebuah motor AC terhubung dari *circuit breaker* hingga sumber tegangan. Ketika *circuit breaker* tertutup, sebuah jalur untuk arus tersedia diantara sumber tegangan dan motor sehingga motor dapat bekerja. Membuka *circuit breaker* menghentikan aliran arus dan motor berhenti bekerja. *circuit breaker* otomatis terbuka ketika ia mendeteksi sebuah kegagalan. Setelah kegagalan teratasi, *breaker* dapat tertutup, dan motor dapat bekerja kembali. (Siemens, Basic of Circuit Breaker)



Gambar. 2.2.1 Prinsip Kerja Circuit Breaker  
(Siemens, Basic of Circuit Breaker)

### 2.2.1 Trip Device Circuit Breaker

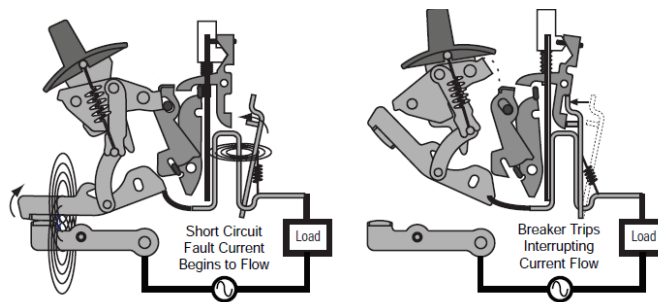
*Trip device* adalah bagian dari *circuit breaker* yang menentukan ketika kontak akan otomatis terbuka. *Low voltage circuit breaker* memiliki *trip device* yaitu, *electromechanical* dan *solid state*. *Low voltage circuit breaker* memiliki nilai karakteristik untuk setiap *trip device*-nya.

*Electromechanical* merupakan salah satu jenis *trip device* pada *low voltage circuit breaker* yang bekerja untuk melindungi peralatan atau rangkaian dari gangguan arus hubung singkat.

Proses *tripping* untuk *electromechanical* memiliki cara yang berbeda dengan *relay* meskipun menggunakan *solenoid*. Proses *tripping circuit breaker* dengan *trip device electromechanical* yaitu, ketika gangguan hubung singkat terjadi, maka nilai arus yang melewati *circuit breaker* akan bertambah besar secara signifikan yang menghasilkan medan magnet yang cukup besar. *Solenoid* yang dialiri arus hubung singkat menimbulkan medan magnet. Kemudian medan



magnet ini saling menginduksi satu sama lain yang mendorong *moving contact* dan menyebabkan kontak terbuka.



Gambar. 2.2.1.1 Proses kontak terbuka dan tertutup  
(Siemens, Basic of Circuit Breaker)

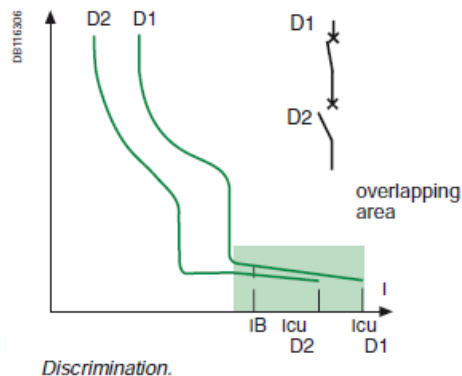
### 2.3 Koordinasi Proteksi

Proteksi arus lebih adalah salah satu elemen penting yang tepat pada sebuah instalasi listrik. Tujuan dari proteksi adalah (Alawiy,2006) :

- Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan, maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.
- Untuk mempercepat melokalisasi luas/zone daerah yang terganggu, sehingga daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin.
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listriknya baik.
- Untuk mengamankan manusia (terutama) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan membutuhkan beberapa pembelajaran khusus salah satunya yaitu terletak pada cara mendesain waktu *trip*. Suatu *circuit breaker* harus dilakukan pengaturan waktu pickup-nya agar dapat beroperasi dengan cepat dan memiliki selektivitas tinggi dalam merasakan serta mengisolasi gangguan pada peralatan sekitarnya. Peralatan proteksi harus disiapkan untuk memutus setiap arus lebih yang mengalir pada motor atau rangkaian listrik sebelum arus tersebut dapat menyebabkan kenaikan suhu yang merusak isolasi, sambungan, terminasi atau sekeliling penghantar.

Untuk memproteksi sebuah sistem harus diperhatikan mengenai batas daerah mana yang akan diamankan, sehingga suatu sistem proteksi akan memberikan respon terhadap gangguan yang terjadi pada sekitar daerah yang terkena gangguan. Idealnya daerah proteksi harus saling *overlap*, sehingga setiap bagian dari sistem mendapatkan perlindungan. Antara circuit breaker utama dengan circuit breaker cadangan (*backup*) harus di koordinasikan agar menghasilkan sistem proteksi yang sempurna.



Gambar. 2.3.1 Proteksi Circuit Breaker Saling Overlap  
(Low Voltage Expet Guide Schneider Electric. 2008)

Dalam pengkoordinasian suatu *circuit breaker* diperlukannya suatu rumusan perhitungan dalam menentukan seberapa besar nilai dari arus hubung singkat yang terjadi pada suatu peralatan atau rangkaian. Yang dimana nilai tersebut di gunakan dalam pengaturan waktu *circuit breaker* melakukan kontak (*circuit breaker open*).

Perhitungan koordinasi *circuit breaker* adalah dengan menentukan besarnya nilai arus hubung singkat yang terjadi. Arus hubung singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubungan singkat tiga fasa ( $I_{sc3\phi}$ ) diberikan oleh persamaan berikut:

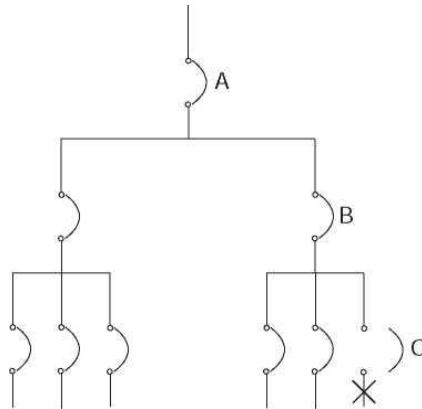
$$I_{sc3\phi} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{sc}} \dots (1)$$

Dimana:

U : Tegangan fasa ke fasa

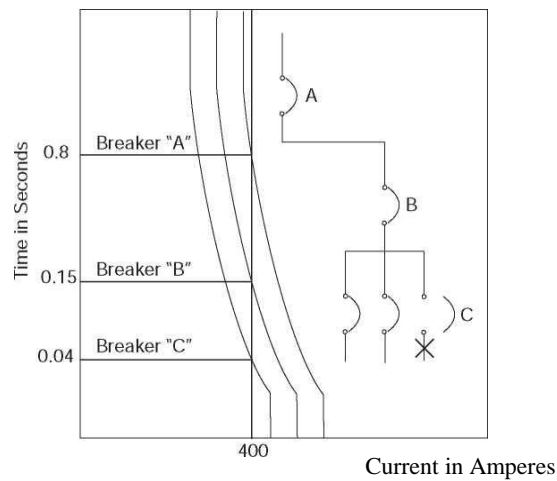
$Z_{sc}$  : Jumlah nilai impedansi yang diakibatkan dari arus hubung singkat yang mengalir dari generator sampai ke daerah gangguan.

Berikut adalah salah satu contoh koordinasi proteksi pada suatu rangkaian. Pada gambar 5 terjadi gangguan pada peralatan dibagian *circuit breaker* C. Dalam pengkoordinasiannya, antara *circuit breaker* A, B dan C idealnya saling berkesinambungan. Sehingga pada saat terjadi gangguan di bagian C, *circuit breaker* di bagian C yang langsung menutup lebih dahulu kemudian B dan A. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerusakan pada peralatan tersebut. Karena umumnya penyalur arus hubung singkat terbesar pada sistem kelistrikan adalah generator, sehingga untuk mengurangi arus hubung singkat yang mengalir dengan cara memutus *circuit breaker* pada daerah yang paling dekat dengan gangguan.



Gambar. 2.3.2 Penentuan *Circuit Breaker*  
(Low Voltage Expet Guide Schneider Electric. 2008)

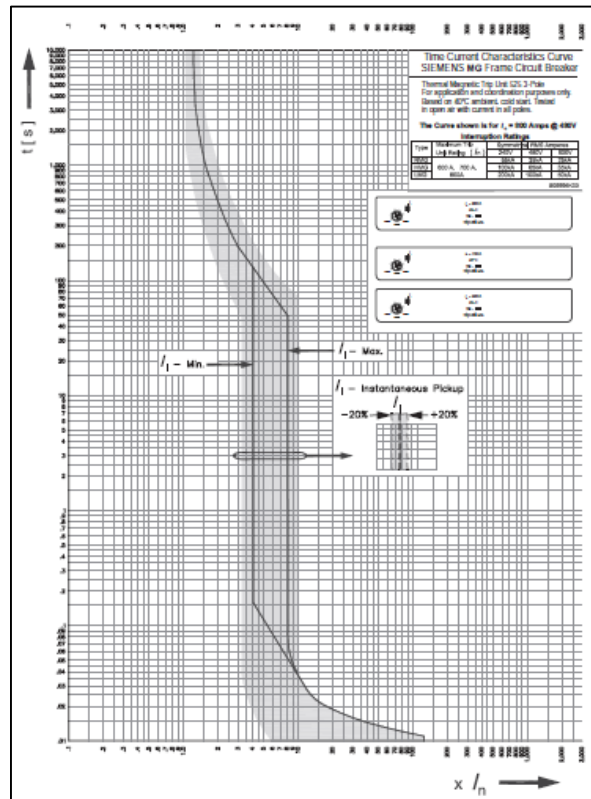
Pada gambar 6 terdapat kurva karakteristik arus-waktu tiap *circuit breaker*. Arus gangguan yang terjadi bagian C menunjukkan nilai 400 A. dari grafik tersebut dapat menjelaskan bahwa, pada *circuit breaker* C waktu pemutusan kontak dengan rangkaian sebesar 0.04 detik, untuk *circuit breaker* B adalah 0.15 detik dan pada *circuit breaker* A 0.8 detik.



Gambar. 0.3 Kurva Arus-Waktu  
(Low Voltage Expet Guide Schneider Electric. 2008)

## 2.4 Karakteristik Kurva Arus waktu

Kurva arus-waktu merupakan kurva yang digunakan untuk menunjukkan seberapa cepat suatu *breaker* akan memutus suatu arus yang menyebabkan gangguan. Pada sumbu x (*horizontal axis*) menunjukkan nilai dari arus nominal untuk *breaker*. Pada sumbu y (*vertical axis*) menunjukkan waktu dalam detik.



Gambar. 2.4.1 Kurva Arus-Waktu  
(Siemens, Basic of Circuit Breaker)

Karakteristik kurva arus waktu pada bagian bawah ke bagian kiri mengindikasikan daerah tidak adanya operasi dan pada bagian bawah ke bagian kanan mengindikasikan daerah operasi. karakteristik kurva ini dibutuhkan dalam mengkoordinasikan untuk memilih atau mengatur beberapa peralatan proteksi.

Pengaturan waktu pemutusan dalam *circuit breaker* dikategorikan dalam beberapa jenis yaitu (Csanyi, 2016) :

### a. *Continues Ampere (Ir)*

Nilai arus yang mengalir dari rangkaian atau peralatan tanpa menyebabkan *circuit breaker* memutus kontak (*trip*). Nilai *continues ampere* adalah prosentase dari arus nominal *circuit breaker*. Dan dapat dilakukan pengaturan nilai dari 20 sampai 100 persen dari arus nominal *circuit breaker*.

b. *Long time Delay*

*Long Time Delay* mengakibatkan *circuit breaker* menunda waktu untuk mengizinkan *temporary inrush current* (arus start motor) tanpa mengakibatkan *circuit breaker* memutuskan rangkaian. Pengaturan waktu tunda ini dari 2.2 sampai 27 detik pada enam kali nilai arus pengaturan ( $I_r$ ). Long time delay umumnya terjadi pada gangguan beban lebih (*overload*).

c. *Short-time Pickup*

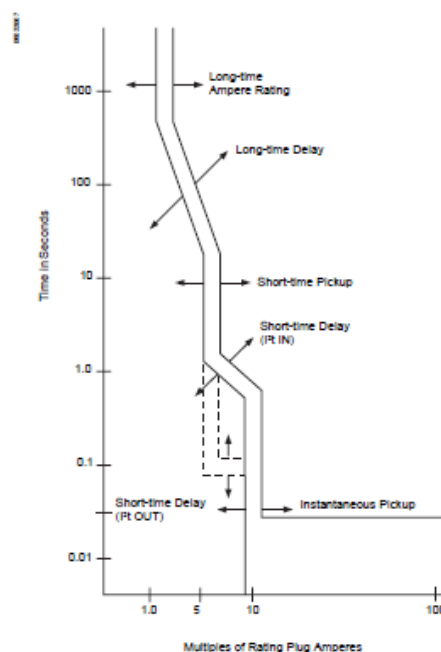
Digunakan jika terjadi arus hubung singkat yang nilainya kecil. Bekerja berdasarkan fungsi inverse dimana semakin besar nilai arus maka semakin cepat *circuit breaker* melepas kontak. Pengaturan waktu *short time pickup* dari 1.5 sampai 100 kali dari nilai arus pengaturan ( $I_r$ ).

d. *Shot Time Delay*

Pengaturan waktu dari *Short Time Delay* terkait dengan pengaturan waktu pemutusan *Short Time Pick Up*.

e. *Instantaneous*

Digunakan untuk memutus *circuit breaker* tanpa adanya waktu tunda dengan nilai arus yang mengalir 2 - 40 kali dari arus pengaturan ( $I_r$ ). Interupsi seketika ini terjadi ketika nilai dari arus hubung singkat yang sangat besar, sehingga meminimalisir dampak kerusakan pada rangkaian dan peralatan lainnya.



Gambar. 02 Karakteristik Kurva  
(Data Bulletin Schneider Electric.2001)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan ringkasan langkah-langkah atau tahapan-tahapan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada. Metode penelitian dalam tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa tahap antara lain:

#### **1. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah merupakan hasil identifikasi permasalahan yang terjadi pada objek penelitian. Dalam tugas akhir ini, objek penelitian adalah proteksi arus lebih pada sistem kelistrikan di kapal menggunakan software ETAP. Fokus penelitian pada tugas akhir ini adalah bagaimanakah melakukan pengaturan *circuit breaker* pada motor –motor listrik di kapal untuk menghindari terjadinya arus hubung singkat apabila terjadi suatu gangguan pada sistem distribusinya. Perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah 1) Berapa arus hubung singkat pada setiap bus dalam sistem kelistrikan di kapal? 2) Bagaimana pengaturan *circuit breaker* arus lebih yang tepat untuk mengamankan sistem kelistrikan di kapal?

#### **2. Studi Literatur**

Studi literatur pada tugas akhir ini adalah mempelajari penelitian-penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya. Setelah mempelajari penelitian-penelitian terkait barulah disusun tugas akhir ini dengan pendekatan-pendekatan dan fokus yang berbeda. Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan juga referensi-referensi yang mendukung penelitian ini baik yang berasal dari jurnal ilmiah, diktat kuliah, buku dan lain sebagainya.

#### **3. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dimaksudkan adalah untuk mengetahui data apa saja yang akan diolah agar bisa dibaca dan dianalisa untuk keperluan selanjutnya. Data penelitian dapat diperoleh dari hasil pengolahan informasi mengenai data kapal yang digunakan meliputi *principal dimension* dan *list* peralatan kelistrikan pada kapal. .

#### **4. Pembuatan Rangkaian Sistem Kelistrikan Kapal Menggunakan Software ETAP**

Selanjutnya data yang sudah di kumpulkan selanjutnya dibuat rangkaian sistem kelistrikannya menggunakan software ETAP. Pengolahan data ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban kelistrikan pada kapal tersebut.

#### **5. Simulasi Arus Hubung Singkat pada Setiap Bus Menggunakan Software ETAP**

Setelah selesai membuat rangkaian sistem kelistrikan, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan simulasi arus hubung singkat pada setiap bus kapal tersebut.

**6. Pengaturan *Circuit Breaker***

Pada tahap ini pengaturan *circuit breaker* yang tepat untuk memenuhi nilai proteksi arus lebih pada sistem kelistrikan kapal sehingga sistem berjalan aman dan optimal.

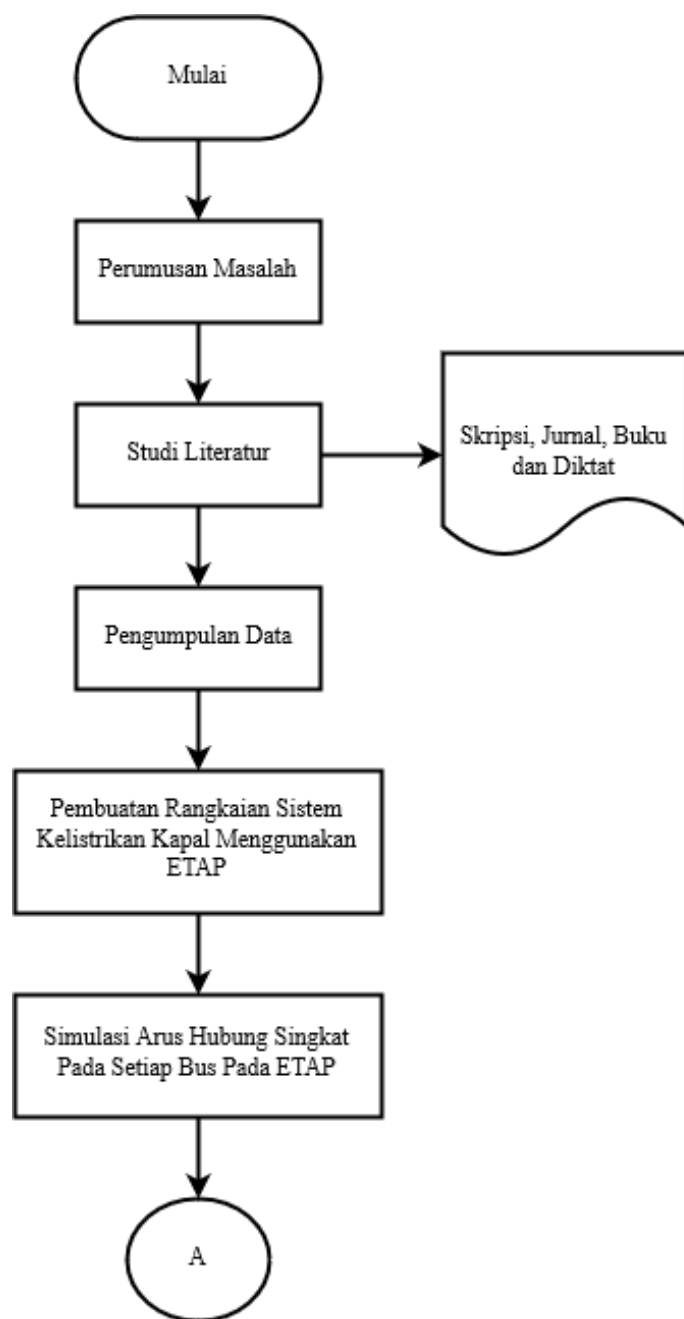
**7. Evaluasi Hasil Koordinasi Proteksi Arus Lebih**

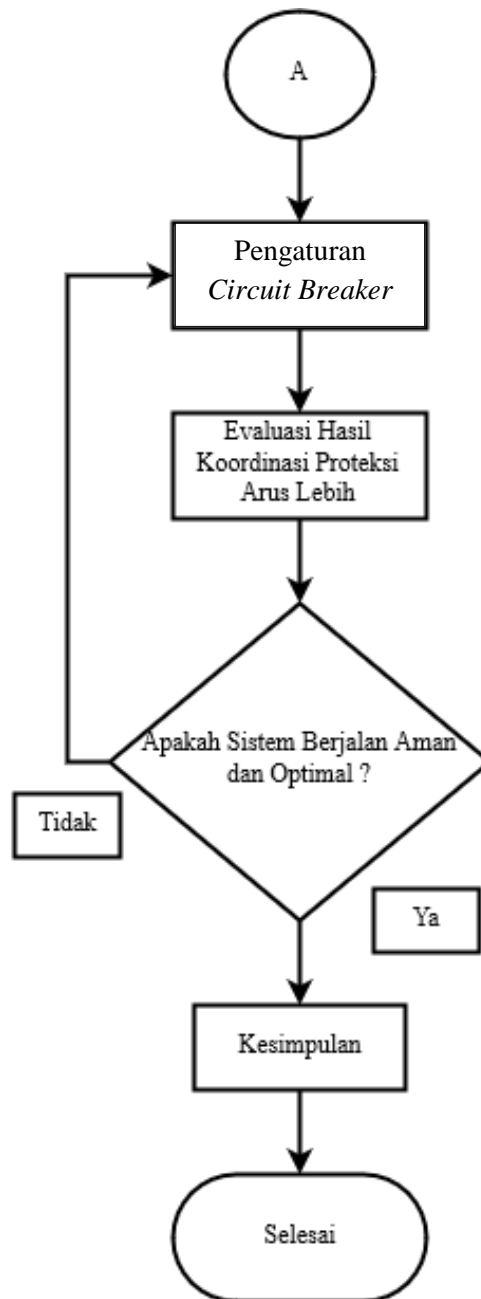
Pada tahap ini koordinasi proteksi pada *circuit breaker* yang digunakan pada sistem kelistrikan kapal akan dievaluasi. Tujuannya untuk mengetahui sistem telah berjalan dengan aman dan optimal.

**8. Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian kesimpulan berisikan rangkuman dari analisa data dan jawaban dari rumusan masalah, serta berbagai hal yang dirasa perlu untuk disampaikan sebagai pokok dari tugas akhir. Saran bisa berisikan tentang hal-hal yang dirasa perlu dilakukan untuk melanjutkan penelitian dari skripsi ini atau hal-hal yang sebaiknya perlu diperhatikan apabila ingin melakukan penelitian serupa.







Gambar. 3.1 *Flowchart* Penelitian

## BAB IV ANALISA DATA

### 4.1 Gambaran Umum

Perencanaan koordinasi proteksi sistem kelistrikan pada tugas akhir ini, dilakukan dengan melakukan pengaturan *circuit breaker* dengan *electromechanical* sebagai *trip* device-nya.

Dalam tugas akhir ini pembuatan rangkaian dilakukan dengan menggunakan software ETAP. Dengan menggunakan software ini, analisa dapat dilakukan lebih mudah dalam perhitungan nilai arus hubung singkat. Simulasi hubung singkat yang dilakukan adalah simulasi hubung singkat tiga fasa. Dan untuk perencanaan koordinasi proteksi dengan melakukan pengaturan *circuit breaker* pada bagian *trip* device-nya.

Berikut adalah tahapan pengerjaan sampai pada tahap simulasi rangkaian menggunakan software ETAP yaitu:

1. Pencarian data kapal. Data kapal yang digunakan berdasarkan data dari desain empat.
2. Pembuatan rangkaian *oneline* pada *software* ETAP.  
Oneline diagram digunakan sebagai rangkaian yang akan digunakan dalam melakukan simulasi.
3. Melakukan simulasi *load flow* pada rangkaian.  
Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah semua peralatan tidak dalam kondisi beban lebih. Dan sebagai nilai acuan dalam menentukan rating arus pada setiap *circuit breaker*.
4. Mencari nilai arus hubung singkat.  
Nilai arus hubung singkat didapat dengan menggunakan simulasi arus hubung singkat ( *short- circuit*) pada ETAP. Nilai arus hubung singkat didapat dengan membuat berbagai kondisi kegagalan pada suatu bus . kemudian nilai tersebut yang akan dijadikan acuan dalam pengaturan *circuit breaker*.
5. Pengaturan *circuit breaker*  
Didalam melakukan pengaturan *circuit breaker* dibutuhkan data-data besarnya nilai arus hubung singkat pada bus yang mengalami gangguan. Untuk itu perlu adanya data-data sebagai berikut:
  - a. Generator yang terhubung pada sistem
  - b. Transformasi daya
  - c. Beban

Pada tahap pengkoordinasian *circuit breaker*, waktu pemutusan dilakukan berdasarkan dari masing- masing *circuit breaker*. Tujuannya adalah untuk melindungi peralatan supaya terlindungi dari kerusakan akibat dari mengalirnya arus gangguan yang terlalu besar bagi peralatan itu sendiri, sekaligus meminimalisir daerah yang terkena gangguan karena adanya gangguan pada peralatan atau rangkaian lain. Pengaturan dilakukan berdasarkan dari nilai arus hubung singkat yang terjadi pada bus yang mengalami gangguan.

6. Menganalisa kurva arus waktu.

Setelah melakukan pengaturan proteksi dengan *circuit breaker* tahapan selanjutnya adalah menganalisa apakah *circuit breaker* tersebut dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik (motor-motor pompa) berdasarkan kurva arus waktu.

## 4.2 Data

### 4.2.1 Data Utama Kapal

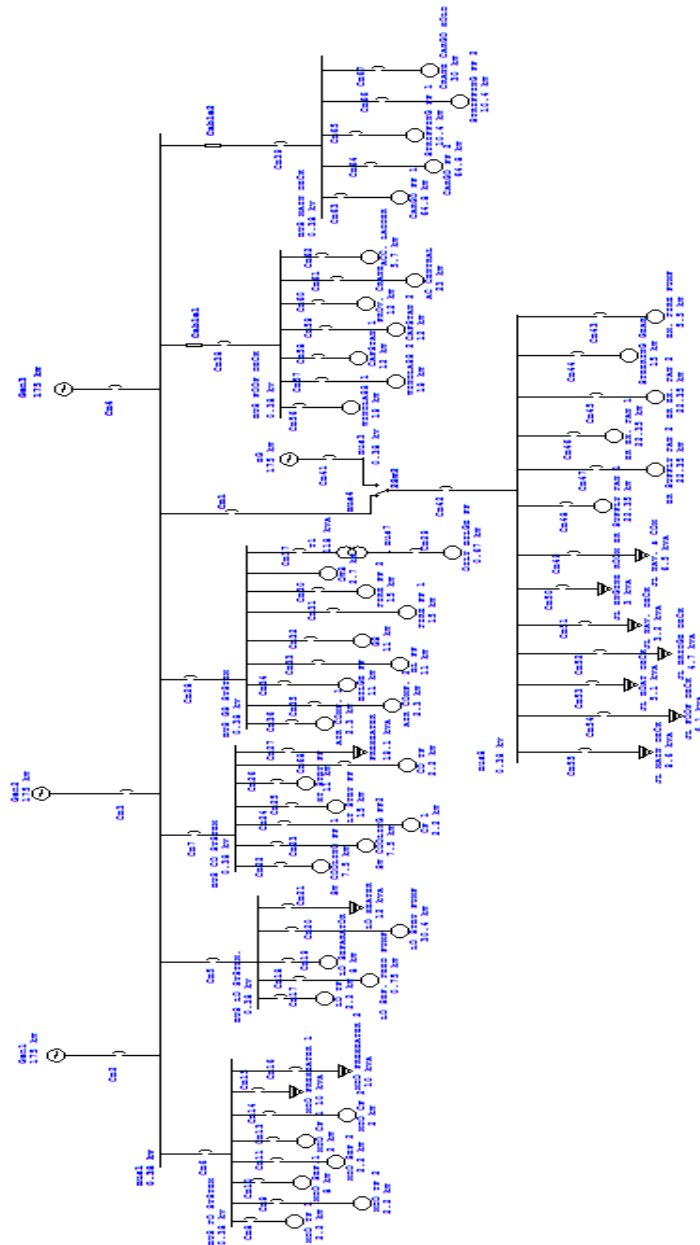
Adapun ukuran utama dari kapal yang digunakan dan spesifikasi peralatannya sebagai objek penelitian adalah:

Table 4.2.1.1 Ukuran Utama dan Peralatan Penggerak Kapal

<i>Name of Ship</i>	MV. 28
<i>Kind of Ship</i>	Oil Tanker
<i>Lpp</i>	97.50 m
<i>Lwl</i>	99.83 m
<i>Breadth</i>	15.20 m
<i>Height</i>	7.80 m
<i>Draft</i>	6.40 m
<i>Service Speed (Vs)</i>	14 knot
<i>Main Engine</i>	WARTSILA, 6L32 Power : 3000 kW RPM :
<i>Generator-Set</i>	3units, KOHLER Power : 175 kW RPM : 1500, 50 hz
<i>Emergency Generator</i>	1 unit, KOHLER Power : 175 kW RPM : 1500, 50 hz

### 4.3 Rangkaian *Online* Diagram

Pada pembuatan *online* diagram simulasi dilakukan pada saat kapal dalam kondisi berlayar, *maneuvering*, bongkar muat dan saat di pelabuhan.



Gambar. 4.3.1 *Online* Diagram

#### 4.4 Simulasi *Load Flow Analysis*

Simulasi *online* diagram menggunakan *load flow analysis* hanya untuk mengetahui peralatan tersebut tidak dalam keadaan *overload* juga sebagai penentu nilai minimal rating arus pada setiap *circuit breaker*.

#### 4.5 Hasil Nilai Arus Hubung Singkat

Dari hasil simulasi arus hubung singkat (*short circuit*) pada software ETAP, didapatkan nilai arus hubung singkat pada kondisi berlayar, *maneuvering*, bongkar muat dan saat di pelabuhan.

Penentuan posisi gangguan arus hubung singkat berdasarkan *online* diagram terletak pada bus utama yang terhubung pada genetator utama. Lalu dilakukan perbandingan nilai tersebut pada keempat kondisi operasional di kapal.

##### 4.5.1 Kondisi Berlayar

Table 4.5.1.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Berlayar

Fault : Main bus (1)		
No.	Components	Short Circuit (kA)
1	Generator 1	1.81
2	Generator 2	1.81
3	Generator 3	1.81
4	Provision Crane	-
5	AC Central	0.273
6	Accommodation Ladder	-
7	Windlass 1	-
8	Windlass 2	-
9	Capstan 1	-
10	Capstan 2	-
11	Cargo Pump 1	-
12	Cargo Pump 2	-
13	Stripping Pump 1	-
14	Stripping Pump 2	-
15	Crane Cargo Hold	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03
17	MDO Transfer Pump 2	0.03
18	MDO Separator 1	0.103
19	MDO Separator 2	0.103
20	MDO Circulating Pump	0.029

	1	
21	MDO Circulating Pump 2	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-
24	LO Separator	-
25	SW Cooling Pump 1	0.097
26	SW Cooling Pump 2	0.097
27	HT Standby Pump	-
28	LT Standby Pump	-
29	Circulating Pump	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031
31	Bilge Pump	0.137
32	Fire Pump 1	0.183
33	Fire Pump 2	0.183
34	General Service Pump	-
35	Ballast Pump	-
36	Oily Bilge Pump	0.038
37	OWS	0.012
38	Air Compressor 1	-
39	Air Compressor 2	-
40	E/R Supply Fan 1	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072
45	Steering Gear	0.185
<b>TOTAL</b>		<b>8.2</b>

#### 4.5.2 Kondisi *Maneuvering*

Table 4.5.2.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi *Maneuvering*

<b>Fault : Main bus (1)</b>		
<b>No.</b>	<b>Components</b>	<b>Short Circuit (kA)</b>
<b>1</b>	Generator 1	1.81
<b>2</b>	Generator 2	1.81
<b>3</b>	Generator 3	1.81

4	Provision Crane	-
5	AC Central	0.273
6	Accommodation Ladder	-
7	Windlass 1	-
8	Windlass 2	-
9	Capstan 1	-
10	Capstan 2	-
11	Cargo Pump 1	-
12	Cargo Pump 2	-
13	Stripping Pump 1	-
14	Stripping Pump 2	-
15	Crane Cargo Hold	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03
17	MDO Transfer Pump 2	0.03
18	MDO Separator 1	0.103
19	MDO Separator 2	0.103
20	MDO Circulating Pump 1	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029
22	LO Transfer Pump	-
23	LO Separator Feed Pump	-
24	LO Separator	-
25	SW Cooling Pump 1	0.097
26	SW Cooling Pump 2	0.097
27	HT Standby Pump	-
28	LT Standby Pump	-
29	Circulating Pump	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031
31	Bilge Pump	0.137
32	Fire Pump 1	0.183
33	Fire Pump 2	0.183
34	General Service Pump	-
35	Ballast Pump	-
36	Oily Bilge Pump	0.038
37	OWS	0.012
38	Air Compressor 1	-
39	Air Compressor 2	-
40	E/R Supply Fan 1	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269



<b>43</b>	E/R Exhaust Fan 2	0.269
<b>44</b>	Emergency Fire Pump	0.072
<b>45</b>	Steering Gear	0.185
<b>TOTAL</b>		<b>8.169</b>

#### 4.5.3 Kondisi Bongkar Muat

Table 4.5.3.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Bongkar Muat

<b>Fault : Main bus (1)</b>		
<b>No.</b>	<b>Components</b>	<b>Short Circuit (kA)</b>
<b>1</b>	Generator 1	1.81
<b>2</b>	Generator 2	1.81
<b>3</b>	Generator 3	1.81
<b>4</b>	Provision Crane	0.151
<b>5</b>	AC Central	0.276
<b>6</b>	Accommodation Ladder	-
<b>7</b>	Windlass 1	-
<b>8</b>	Windlass 2	-
<b>9</b>	Capstan 1	-
<b>10</b>	Capstan 2	-
<b>11</b>	Cargo Pump 1	0.727
<b>12</b>	Cargo Pump 2	0.727
<b>13</b>	Stripping Pump 1	0.132
<b>14</b>	Stripping Pump 2	0.132
<b>15</b>	Crane Cargo Hold	0.354
<b>16</b>	MDO Transfer Pump 1	-
<b>17</b>	MDO Transfer Pump 2	-
<b>18</b>	MDO Separator 1	-
<b>19</b>	MDO Separator 2	-
<b>20</b>	MDO Circulating Pump 1	0.029
<b>21</b>	MDO Circulating Pump 2	0.029
<b>22</b>	LO Transfer Pump	-
<b>23</b>	LO Separator Feed Pump	-
<b>24</b>	LO Separator	-
<b>25</b>	SW Cooling Pump 1	-
<b>26</b>	SW Cooling Pump 2	-
<b>27</b>	HT Standby Pump	-

<b>28</b>	LT Standby Pump	-
<b>29</b>	Circulating Pump	0.031
<b>30</b>	CO Transfer Pump	0.031
<b>31</b>	Bilge Pump	-
<b>32</b>	Fire Pump 1	-
<b>33</b>	Fire Pump 2	-
<b>34</b>	General Service Pump	0.137
<b>35</b>	Ballast Pump	0.137
<b>36</b>	Oily Bilge Pump	0.038
<b>37</b>	OWS	0.012
<b>38</b>	Air Compressor 1	-
<b>39</b>	Air Compressor 2	-
<b>40</b>	E/R Supply Fan 1	0.269
<b>41</b>	E/R Supply Fan 2	0.269
<b>42</b>	E/R Exhaust Fan 1	0.269
<b>43</b>	E/R Exhaust Fan 2	0.269
<b>44</b>	Emergency Fire Pump	0.051
<b>45</b>	Steering Gear	0.132
<b>TOTAL</b>		<b>9.632</b>

#### 4.5.4 Kondisi Di Pelabuhan

Table 4.5.4.1 Nilai Arus Hubung Singkat Kondisi Di Pelabuhan

<b>Fault : Main bus (1)</b>		
<b>No.</b>	<b>Components</b>	<b>Short Circuit (kA)</b>
<b>1</b>	Generator 1	1.81
<b>2</b>	Generator 2	1.81
<b>3</b>	Generator 3	1.81
<b>4</b>	Provision Crane	-
<b>5</b>	AC Central	0.276
<b>6</b>	Accommodation Ladder	0.075
<b>7</b>	Windlass 1	0.231
<b>8</b>	Windlass 2	0.231
<b>9</b>	Capstan 1	0.151
<b>10</b>	Capstan 2	0.151
<b>11</b>	Cargo Pump 1	-
<b>12</b>	Cargo Pump 2	-
<b>13</b>	Stripping Pump 1	-

<b>14</b>	Stripping Pump 2	-
<b>15</b>	Crane Cargo Hold	-
<b>16</b>	MDO Transfer Pump 1	-
<b>17</b>	MDO Transfer Pump 2	-
<b>18</b>	MDO Separator 1	-
<b>19</b>	MDO Separator 2	-
<b>20</b>	MDO Circulating Pump 1	0.029
<b>21</b>	MDO Circulating Pump 2	0.029
<b>22</b>	LO Transfer Pump	0.031
<b>23</b>	LO Separator Feed Pump	0.012
<b>24</b>	LO Separator	0.103
<b>25</b>	SW Cooling Pump 1	-
<b>26</b>	SW Cooling Pump 2	-
<b>27</b>	HT Standby Pump	-
<b>28</b>	LT Standby Pump	-
<b>29</b>	Circulating Pump	0.031
<b>30</b>	CO Transfer Pump	0.031
<b>31</b>	Bilge Pump	-
<b>32</b>	Fire Pump 1	-
<b>33</b>	Fire Pump 2	-
<b>34</b>	General Service Pump	-
<b>35</b>	Ballast Pump	-
<b>36</b>	Oily Bilge Pump	0.038
<b>37</b>	OWS	0.012
<b>38</b>	Air Compressor 1	0.032
<b>39</b>	Air Compressor 2	0.032
<b>40</b>	E/R Supply Fan 1	0.269
<b>41</b>	E/R Supply Fan 2	0.269
<b>42</b>	E/R Exhaust Fan 1	0.269
<b>43</b>	E/R Exhaust Fan 2	0.269
<b>44</b>	Emergency Fire Pump	0.051
<b>45</b>	Steering Gear	0.132
<b>TOTAL</b>		<b>8.184</b>

Dari hasil simulasi menggunakan *short circuit*, didapatkan nilai arus hubung singkat pada kondisi berlayar, *maneuvering*, bongkar muat dan saat di pelabuhan. Nilai terbesar arus hubung singkat terdapat pada kondisi bongkar muat sebesar 9.632 kA. Sedangkan nilai terkecil terjadi pada saat kondisi *maneuvering* sebesar 8.169 kA.

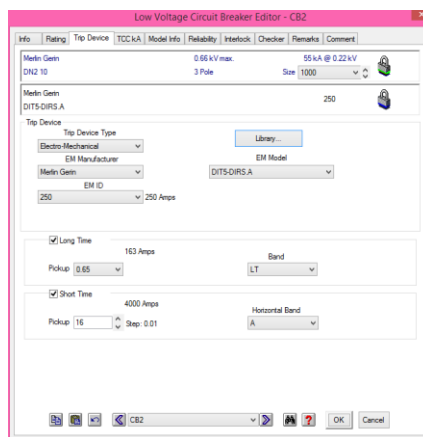
Berdasarkan hasil simulasi *short circuit*, nilai arus hubung singkat dipengaruhi oleh besarnya daya pada suatu peralatan dan jumlah beban peralatan yang digunakan pada setiap kondisi.

#### 4.6 Pengaturan *Circuit Breaker*

Untuk mempermudah koordinasi proteksi suatu *circuit breaker*, dibuat beberapa tipikal gangguan yang mewakili bentuk koordinasi keseluruhan sistem proteksi yang ada. Terdapat tiga tipikal gangguan yang direncanakan pada empat kondisi operasi generator di kapal yaitu:

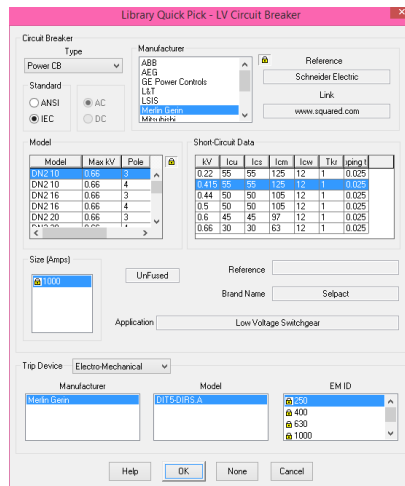
1. Gangguan pada salah satu peralatan disalah satu deck
2. Gangguan pada bagian trafo
3. Gangguan peralatan bagian *emergency*

Hal pertama yang dilakukan dalam pengaturan *circuit breaker* yaitu dengan menentukan jenis dari *trip device* yang akan digunakan. Pada kali ini *trip device* yang digunakan adalah jenis *electromechanical*.

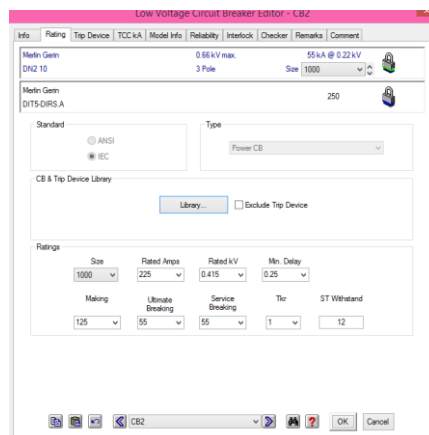


Gambar. 4.6.1 Penentuan Jenis *Trip Device*

Langkah kedua dengan menentukan spesifikasi dari *circuit breaker* (*manufacture*, *short circuit* data, minimal tegangan dan model).

Gambar. 4.6.2 Spesifikasi *Circuit Breaker*

Langkah ketiga memilih nilai rating arus pada *circuit breaker* berdasarkan hasil simulasi menggunakan *load flow analysis*.

Gambar. 4.6.3 Menentukan Rating Arus *Circuit Breaker*

Terakhir adalah *circuit breaker* mulai beroperasi kemudian dibuat terjadinya gangguan berdasarkan tiga tipikal gangguan tersebut. Setelah itu terlihat urutan *circuit breaker* yang akan membuka kontak (*open*).

Berikut adalah salah satu analisa pengaturan koordinasi *circuit breaker* pada gangguan tipikal satu, Gangguan terjadi pada salah satu *sea water cooling pump* pada bagian *cooling system*. Untuk itu upaya pengaturan *circuit breaker* untuk mengamankan daerah gangguan yaitu dengan membuka kontak (*open*) *circuit breaker* pada bagian daerah dekat gangguan (A), *circuit breaker* antara salah satu generator utama dengan daerah gagguan (B) dan *circuit breaker* pada salah satu generator utama (C)

Pada gangguan tipikal satu ini *circuit breaker* yang membuka kontak (*open*) pertama kali adalah bagian *circuit breaker* yang paling dekat dengan daerah gangguan (A), kemudian *circuit breaker* di bagian antara daerah gangguan dengan salah satu generator utama dan yang terakhir *circuit breaker* pada salah satu generator utama. Dalam hal ini mengapa *circuit breaker* pada bagian A membuka terlebih dahulu karena untuk mencegah terjadinya masuknya arus lebih dari tiap-tiap peralatan kepada peralatan yang mengalami gangguan. Selanjutnya *circuit breaker* yang menutup selanjutnya adalah pada bagian B karena *circuit breaker* ini merupakan penghubung antara daerah gangguan dengan daerah yang beroperasi normal. Agar arus lebih dari peralatan yang beroperasi normal tidak memberikan arus lebih untuk generator satu. Dan *circuit breaker* yang tertutup terakhir pada bagian C hal ini sebagai upaya apabila *circuit breaker* pada bagian dua tidak mampu untuk menahan arus lebih yang mengalir. Umumnya *circuit breaker* yang membuka kontak (*open*) pada urutan terakhir adalah peralatan yang memiliki potensi memberikan arus hubung singkat paling besar pada daerah gangguan.



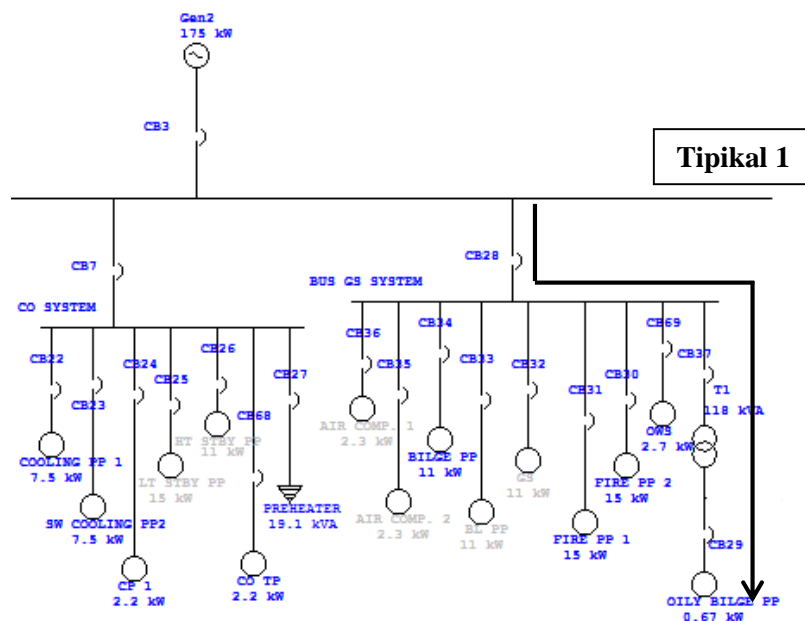
## 4.7 Analisa Kurva Arus-Waktu

Analisa pengaturan koordinasi pengaman menggunakan kurva kerja *circuit breaker*, kurva *starting motor* dan kurva trafo maupun kabel pada masing-masing tipikal gangguan berdasarkan kondisi operasi generator di kapal menggunakan simulasi *star-protective device coordination*. Setelah kurva di-plot, langkah selanjutnya adalah memeriksa pengaturan tersebut dengan nilai arus hubung singkat yang diperoleh sebelumnya. Kemudian dilakukan analisa menggunakan kurva arus-waktu untuk menentukan apakah pengaturan tersebut dapat mengamankan sistem dan peralatan ketika terjadi gangguan hubung singkat.

Pada pembahasan berikut ini akan diberikan analisa kordinasi *circuit breaker* untuk masing-masing tipikal gangguan pada keempat kondisi operasi generator.

### 4.7.1 Kurva Arus-Waktu Kondisi Berlayar

Gangguan pertama dilakukan pada kondisi berlayar, dengan peralatan yang mengalami gangguan adalah pompa *oily bilge pump* pada sistem OWS. Alur pengaman dilakukan pada ketiga *circuit breaker* yaitu, *circuit breaker* nomor 28 untuk pengamanan semua peralatan dari Bus General Service (GS) System, *circuit breaker* nomor 29 untuk *oily bilge pump* yang mengalami gangguan dan nomor 37 untuk pengamanan trafo *stepdown* pompa, seperti yang terlihat pada gambar 4.7.1.1.

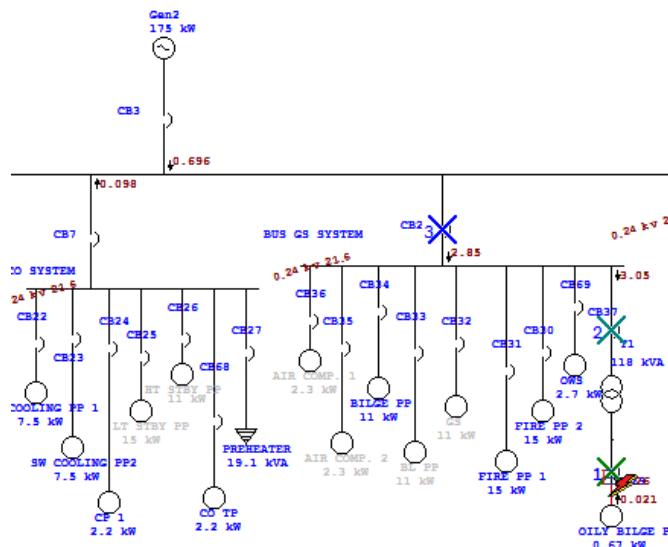


Gambar. 4.7.1.1 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 1

Pada gambar 4.7.1.2, pengaman pertama pada *circuit breaker* no. 29, *circuit breaker* ini memiliki fungsi sebagai pelindung peralatan *oily bilge pump* apabila



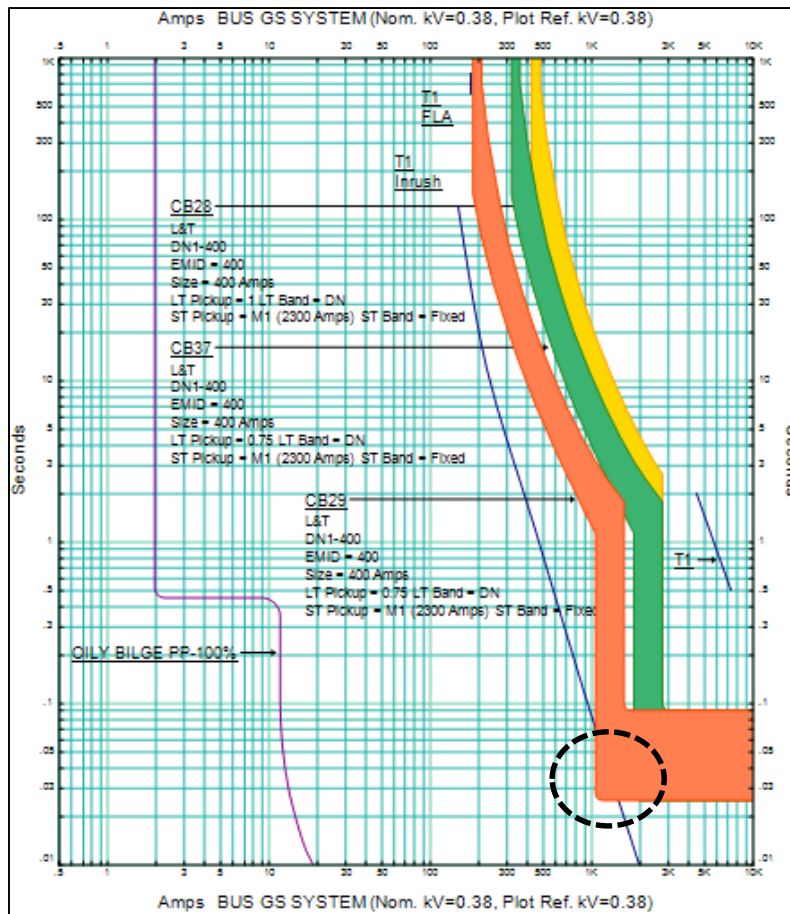
terjadi gangguan pada Bus *General Service (GS) system*. Diatas *circuit breaker* no. 29 terdapat *circuit breaker* no. 37, *circuit breaker* no. 37 ini berfungsi sebagai pelindung untuk trafo dan juga sebagai pelindung *backup* pengaman di bawahnya ketika *circuit breaker* no.29 gagal pelindung untuk generator utama dari peralatan-peralatan di bawah generator. Dan juga mengamankan gangguan. *Circuit breaker* terakhir adalah no. 28, juga sebagai sebagai pengaman *backup* ketika *circuit breaker* dibawahnya gagal mengamankan gangguan.



Gambar. 4.7.1.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no. 28, CB no. 29 dan CB no. 37

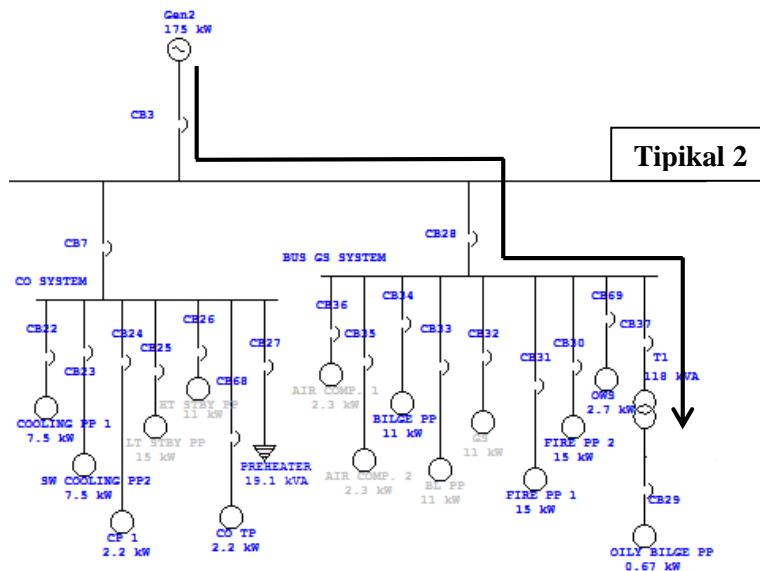
Setelah melakukan plot kurva menggunakan simulasi *Star-Protective Device Coordination* sehingga menghasilkan plot kurva yang dapat dilihat pada *Star Sytem*. Hasil plot pengaturan *circuit breaker* pada tipikal gangguan satu dapat dilihat pada gambar 4.7.1.3.

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa saat motor oily bilge pump melakukan starting, kurva starting dari motor pompa tersebut masih berada dibelakang kurva kerja dari ketiga *circuit breaker*. Sehingga apabila ada arus lonjakan yang disebabkan dari motor oily bilge pump masih dapat diamankan dengan ketiga *circuit breaker* tersebut. Waktu *pick up circuit breaker* no. 29 sebesar 0,75 detik, *circuit breaker* no. 37 sebesar 0,83 detik dan *circuit breaker* no. 28 sebesar 1 detik. Adanya perpotongan antara kurva trafo *inrush* dan kurva kerja *circuit breaker* no 29. Untuk itu perlu adanya pengaturan dari nilai rating arus untuk kurva kerja *circuit breaker* tersebut. Jika tidak dilakukan pengaturan antara kurva trafo dan kurva kerja *circuit breaker*, maka arus yang mengalir lebih dari 1000 A saat waktu antara 0,03-0,08 detik akan menyebabkan *circuit breaker* no 29 membuka kontak (*open*).

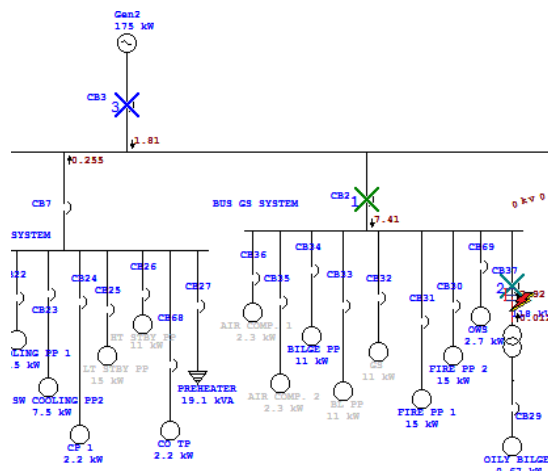


Gambar. 4.7.1.3 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 28, CB no. 29 dan CB no. 37

Analisa gangguan kedua diterapkan pada kondisi berlayar. Peralatan yang mengalami gangguan dimisalkan adalah trafo *step down* untuk menurunkan tegangan dari generator menuju pompa *oily bilge pump*. Pada gambar III. 4 untuk alur pengaman *circuit breaker* yang bekerja untuk proteksi gangguan adalah *circuit breaker* nomor 3 untuk pengaman salah satu generator utama, *circuit breaker* nomor 28 untuk pengamanan semua peralatan dari Bus *General Service* (GS) System dan *circuit breaker* nomor 37 untuk mengamankan trafo *stepdown* yang juga sebagai daerah gangguan.



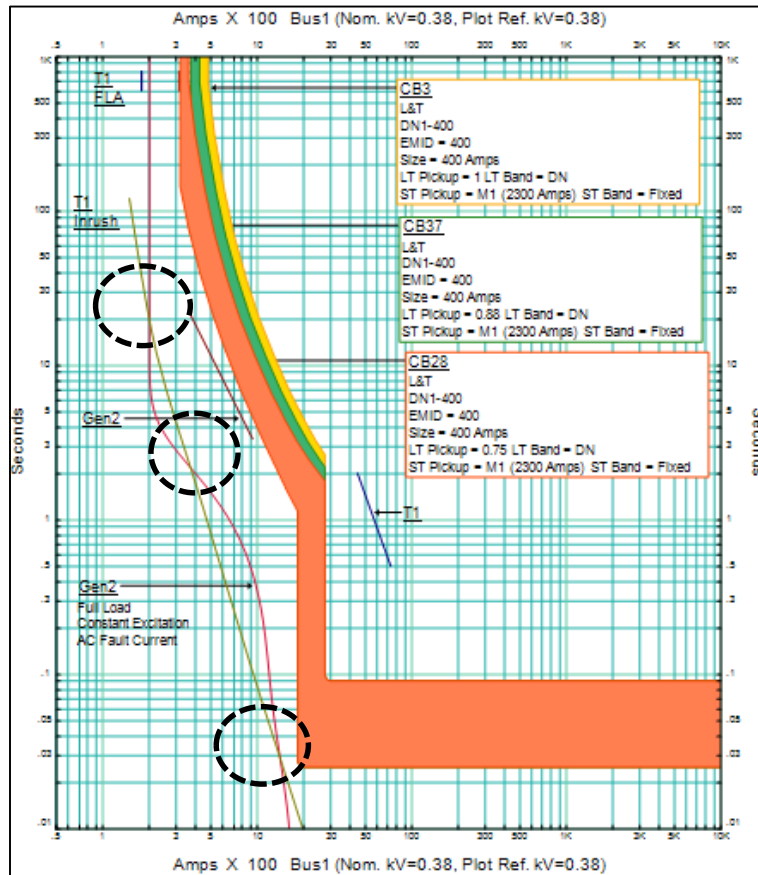
Gambar. 4.7.1.4 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 2



Gambar. 4.7.1.5 Urutan pemutusan kontak pada CB no.3, CB no. 28 dan CB no.

Dari hasil simulasi menggunakan *star-protective device coordination*, pada gambar 4.7.1.6 dapat disimpulkan bahwa saat trafo mengalami gangguan berupa arus hubung singkat, kordinasi dari pengaturan ketiga *circuit breaker* dapat mengamankan besarnya nilai arus hubung singkat tersebut. Dikarenakan kurva trafo masih berada di belakang kurva kerja *circuit breaker*.

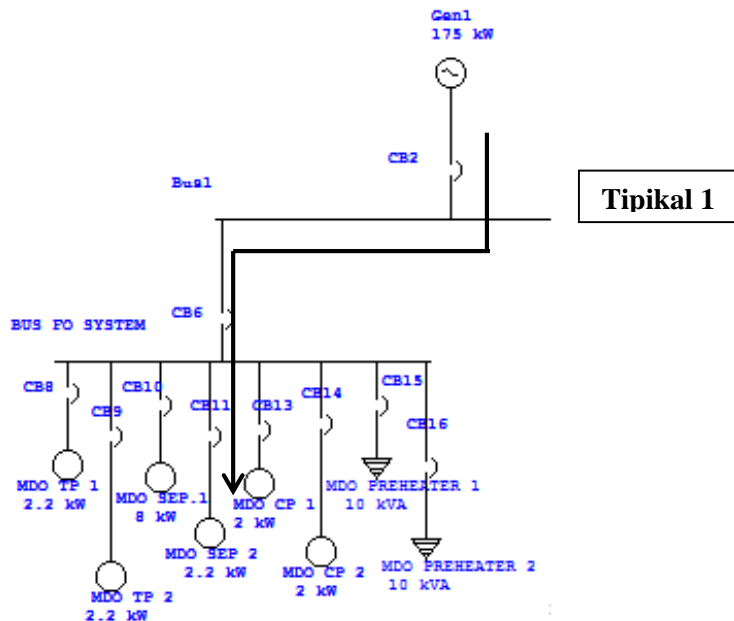
Akan tetapi, kurva trafo pada kondisi *inrush* berpotongan dengan kurva generator utama dua pada waktu 0.03 detik, 1.7 detik dan 10.7 detik. Untuk itu perlu adanya pengaturan pada bagian protection di trafo. Pengaturan dilakukan dengan mengubah nilai arus primer pada bagian magnetizing inrush dari nilai 5 menjadi 8. Setiap nilai arus primer memiliki nilai multipler yang berbeda semakin tinggi nilai arus primer maka nilai multipliernya akan semakin besar. Selain itu melakukan perubahan nilai rating arus *circuit breaker* no 28 dari nilai sebelumnya yaitu 115 A. diharapkan dengan dilakukan penggantian, saat terjadinta gangguan berupa arus hubung singkat semua peralatan pada bus *General Service* (GS) system dapat terlindungi .



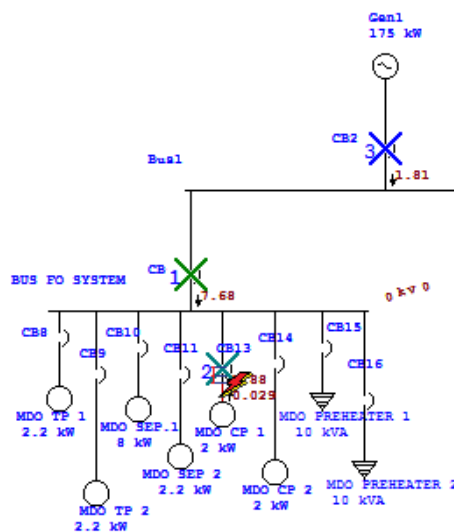
Gambar. 4.7.1.6 Urutan pemutusan kontak pada CB no.3, CB no. 28 dan CB no.

#### 4.7.2 Kurva Arus Waktu Kondisi Maneuvering

Pada kondisi *maneuvering* simulasi dilakukan menggunakan tipikal gangguan satu. *Circuit breaker* yang akan dilakukan pengaturan koordinasi terdiri dari tiga yaitu, *circuit breaker* No. 2, 6 dan 13. Daerah yang menjadi gangguan adanya arus hubung singkat terdapat pada salah satu peralatan *circulating pump*.



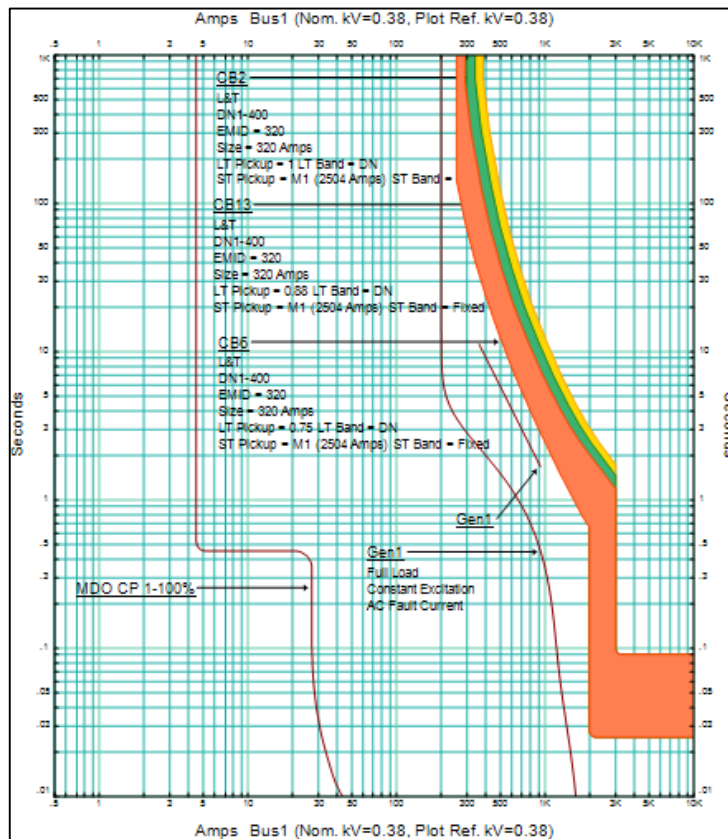
Gambar. 4.7.2.1 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 1



Gambar. 4.7.2.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 6 dan CB no. 13

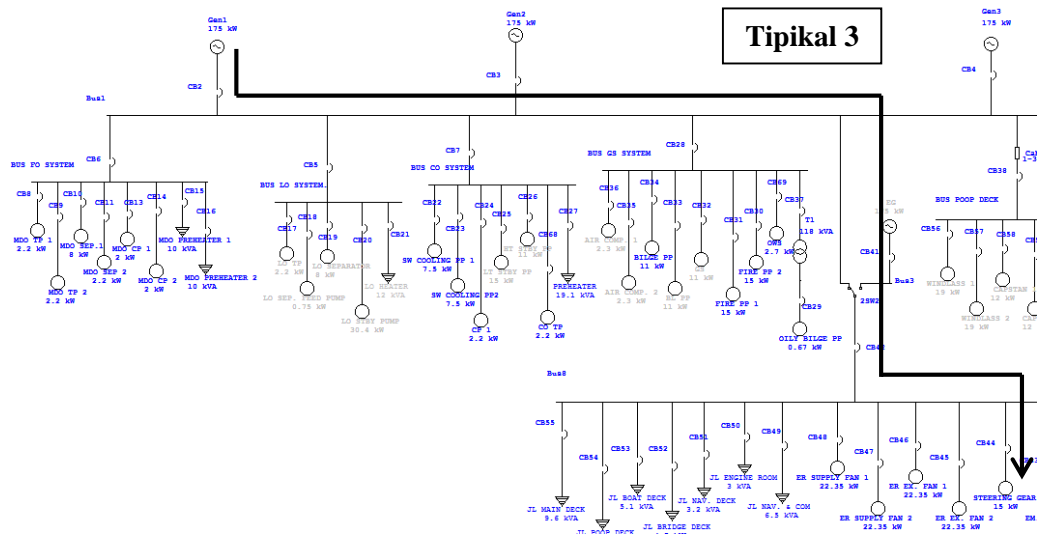
Circuit breaker no. 6 merupakan pengaman pertama yang berfungsi untuk melindungi semua peralatan apabila terjadi gangguan pada Bus *Fuel Oil (FO)* system juga sebagai pelindung *backup* pengaman di bawahnya ketika *circuit breaker* no.13 gagal mengamankan gangguan pada *circulating pump*. Dibawah *circuit breaker* no. 6 terdapat *circuit breaker* no. 13, *circuit breaker* no. 13 berfungsi untuk melindungi peralatan *circulating pump*. *Circuit breaker* terakhir adalah no. 2, sebagai pelindung untuk generator utama. Dan juga sebagai pengaman *backup* ketika *circuit breaker* no. 6 dan 13 gagal mengamankan jika terjadi gangguan pada peralatan pada Bus *Fuel Oil (FO)* System.

Hasil simulasi menggunakan *Star-Protective Device Coordination*. Output dari simulasi menghasilkan kurva gambar 4.7.2.3. Dari kurva arus waktu pada gambar 20 kurva *starting* motor *circulating pump* masih berada dibelakang kurva kerja dari ketiga *circuit breaker*. Sehingga apabila ada arus lonjakan yang disebabkan dari motor *circulating pump* masih dapat diamankan dengan ketiga *circuit breaker* tersebut. Waktu *pick up* ketiga *circuit breaker* yaitu, no. 29 sebesar 0.75 detik, no. 37 sebesar 0.88 detik dan no. 28 sebesar 1 detik.

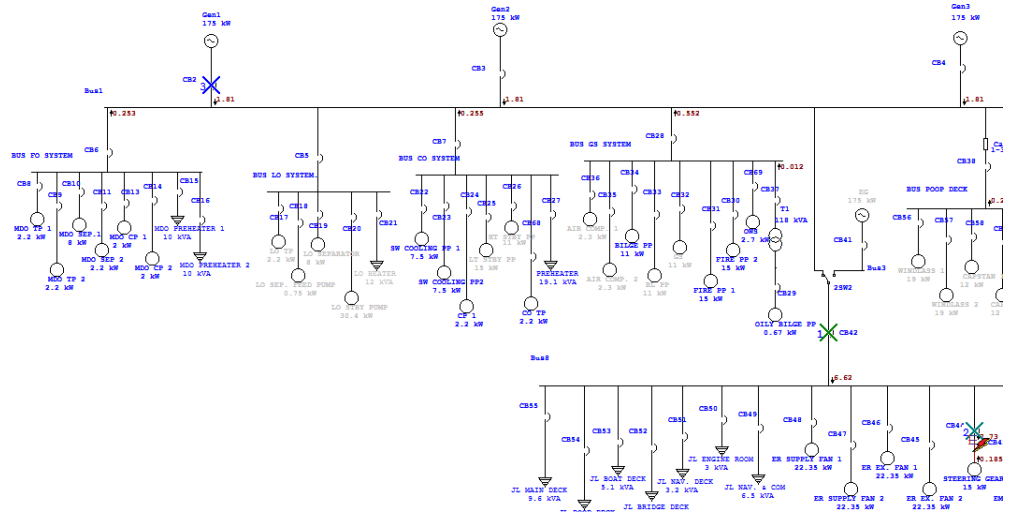


Gambar. 4.7.2.3 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 6 dan CB no.

Analisa selanjutnya dilakukan pada kondisi maneuvering. Pada gambar III. 7, daerah yang terjadi gangguan terdapat pada peralatan *steering gear*. Untuk itu urutan peralatan pengaman terdiri dari *circuit breaker* nomor 2 untuk pengaman salah satu generator, *circuit breaker* nomor 42 sebagai pengaman seluruh peralatan pada Main Bus 2 dan *circuit breaker* nomor 44 sebagai pengaman peralatan *steering gear*.



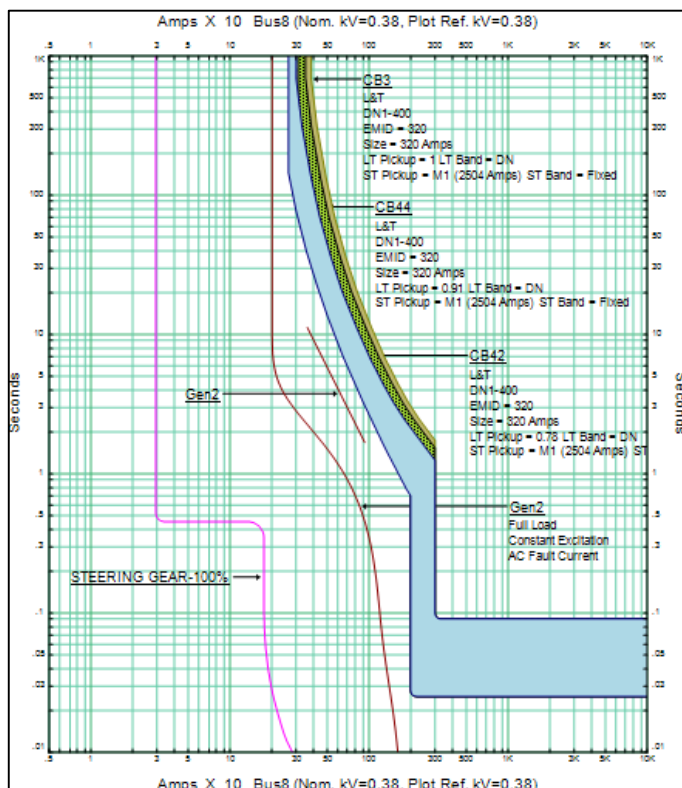
Gambar. 4.7.2.4 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 3



Gambar. 4.7.2.5 Urutan pemutusan kontak pada CB no.2, CB no. 42 dan CB no.

Pengaman pertama pada *circuit breaker* no. 42, *circuit breaker* ini memiliki fungsi sebagai pelindung semua peralatan pada Bus `. Peralatan yang dilindungi *circuit breaker* no. 42 terdiri dari *junction lighting* setiap *deck*, *junction navigation and communication*, *supply fan*, *exhaust fan*, *emergency fire pump* dan *steering gear*. Dibawah *circuit breaker* no. 42 terdapat no. 44, *circuit breaker* ini berfungsi sebagai pelindung peralatan *steering gear* juga sebagai pelindung *backup* pengaman di bawahnya ketika *circuit breaker* no.42 gagal mengamankan gangguan. *Circuit breaker* terakhir adalah no. 2, sebagai pelindung untuk generator utama dan juga sebagai pengaman *backup* ketika *circuit breaker* dibawahnya gagal mengamankan gangguan.

Dari hasil simulasi menggunakan *star-protective device coordination* menghasilkan plot kurva arus waktu seperti pada gambar 4.7.2.6. Gambar 22 menunjukkan saat motor *steering gear* melakukan *starting*, kurva *starting* dari motor *steering gear* masih berada dibelakang kurva kerja dari ketiga *circuit breaker*. Sehingga apabila ada arus lonjakan yang disebabkan dari motor *steering gear* masih dapat diamankan dengan ketiga *circuit breaker* tersebut. Besarnya waktu *pickup* ketiga *circuit breaker* tersebut adalah 0.758 detik untuk *circuit breaker* no. 42, 0.91 detik untuk *circuit breaker* 44 dan 1 detik untuk *circuit breaker* no. 2.

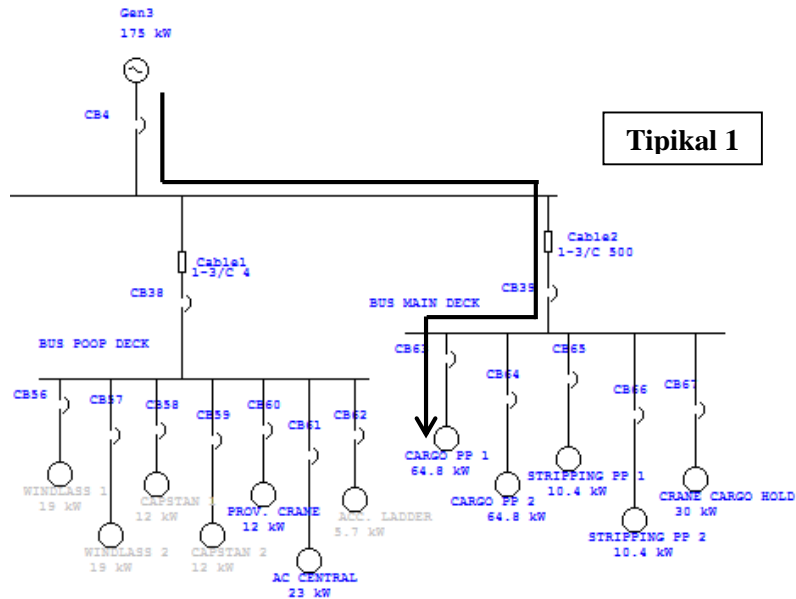


Gambar. 4.7.2.6 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 2, CB no. 42 dan CB no. 44

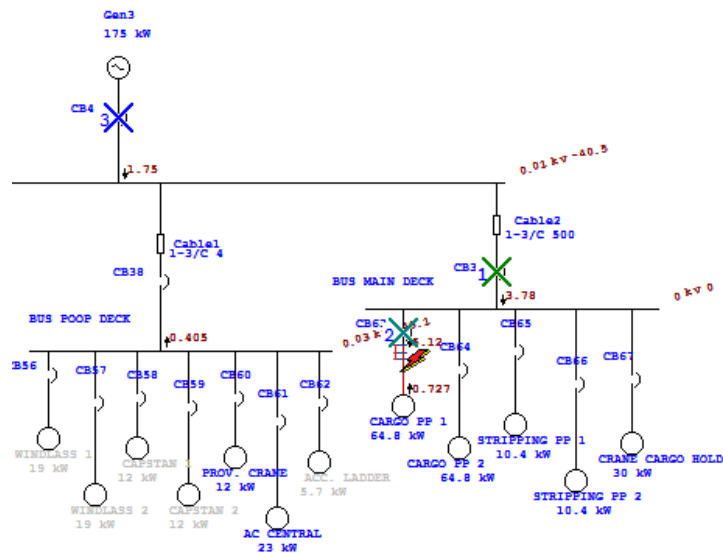


#### 4.7.3 Kurva Arus Waktu Kondisi Bongkar Muat

Dibawah ini adalah tipikal gangguan satu yang terdiri dari tiga *circuit breaker* yaitu, circuit breaker 4,39 dan 63. Daerah yang menjadi gangguan adanya arus hubung singkat terdapat pada *cargo pump*.



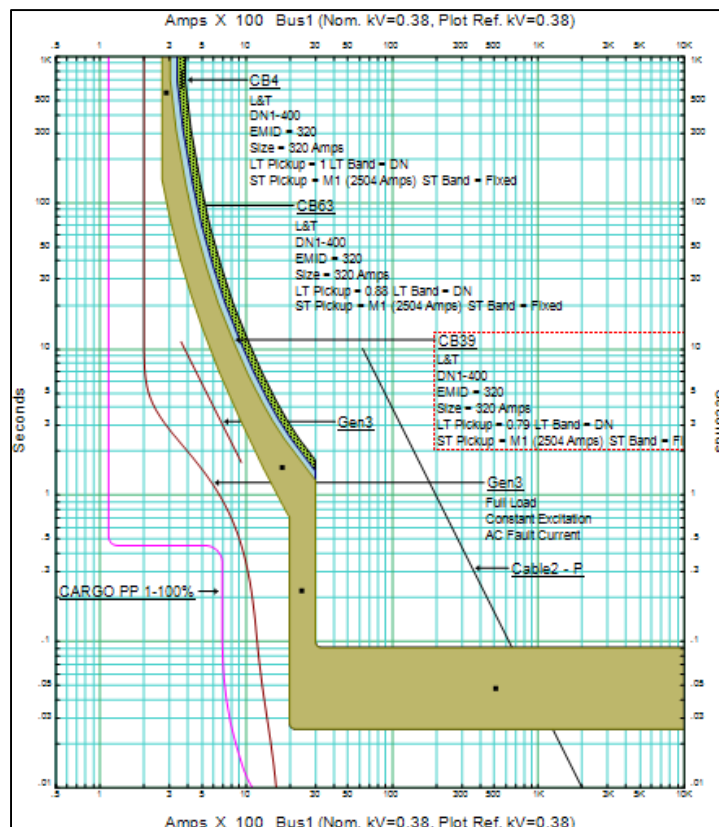
Gambar. 4.7.3.1 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 1



Gambar. 4.7.3.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.4, CB no. 39 dan CB no.

Pengaman pertama pada *circuit breaker* no. 39, *circuit breaker* ini memiliki fungsi sebagai pelindung semua peralatan apabila terjadi gangguan pada Bus *Main Deck* dan juga sebagai pelindung *backup* pengaman di bawahnya ketika *circuit breaker* no.63 gagal mengamankan gangguan. Dibawah *circuit breaker* no. 39 terdapat *circuit breaker* no. 63, *circuit breaker* no. 63 berfungsi untuk melindungi peralatan *cargo pump*. *Circuit breaker* terakhir adalah no. 4, sebagai pelindung untuk generator utama. Dan juga sebagai pengaman *backup* ketika *circuit breaker* dibawahnya gagal mengamankan gangguan.

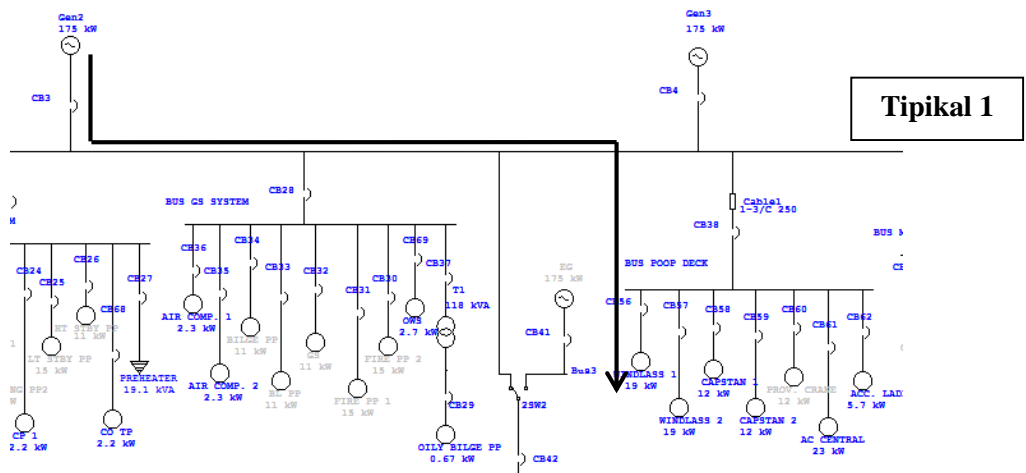
Dari hasil simulasi menggunakan *star-protective device coordination* menghasilkan plot kurva arus waktu seperti pada gambar 4.7.3.3. Pada kurva arus waktu dapat disimpulkan bahwa saat motor *cargo pump* melakukan *starting*, kurva *starting* dari motor *cargo pump* masih berada dibelakang kurva kerja dari ketiga *circuit breaker*. Sehingga apabila ada arus lonjakan yang disebabkan dari motor *cargo pump* masih dapat diamankan dengan ketiga *circuit breaker* tersebut. Tetapi jarak antara kurva *starting* motor *cargo pump* dengan kurva kerja *circuit breaker* jaraknya tidak terlalu jauh. Besarnya waktu *pickup* ketiga *circuit breaker* tersebut adalah 0.79 detik untuk *circuit breaker* no. 39, 0.88 detik untuk *circuit breaker* 63 dan 1 detik untuk *circuit breaker* no. 4.



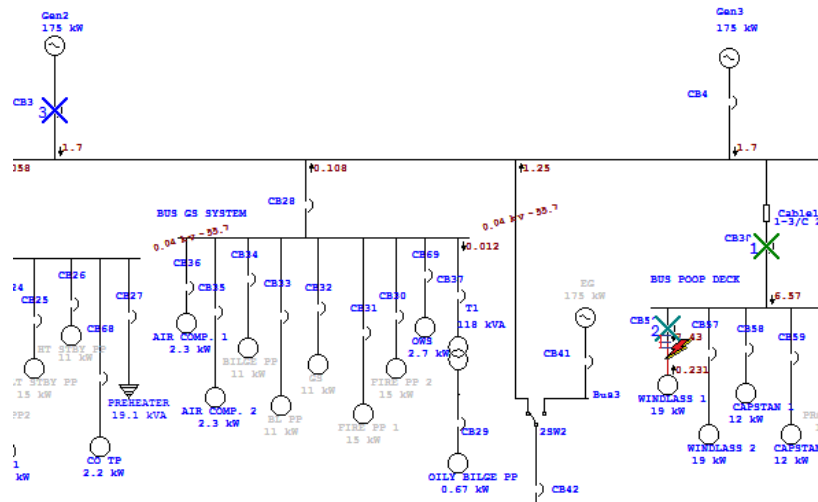
Gambar. 4.7.3.3 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 4, CB no. 39 dan CB no. 63

#### 4.7.4 Kurva Arus Waktu Kondisi Di Pelabuhan

Tipikal gangguan satu diaplikasikan saat kondisi di pelabuhan. Daerah yang menjadi gangguan adanya arus hubung singkat terdapat pada windlass. Circuit breaker yang menjadi pengaman pada gangguan ini terdiri dari tiga circuit breaker yaitu, circuit breaker no. 3, 38 dan 56.



Gambar. 4.7.4.1 Oneline Diagram Tipikal Gangguan 1



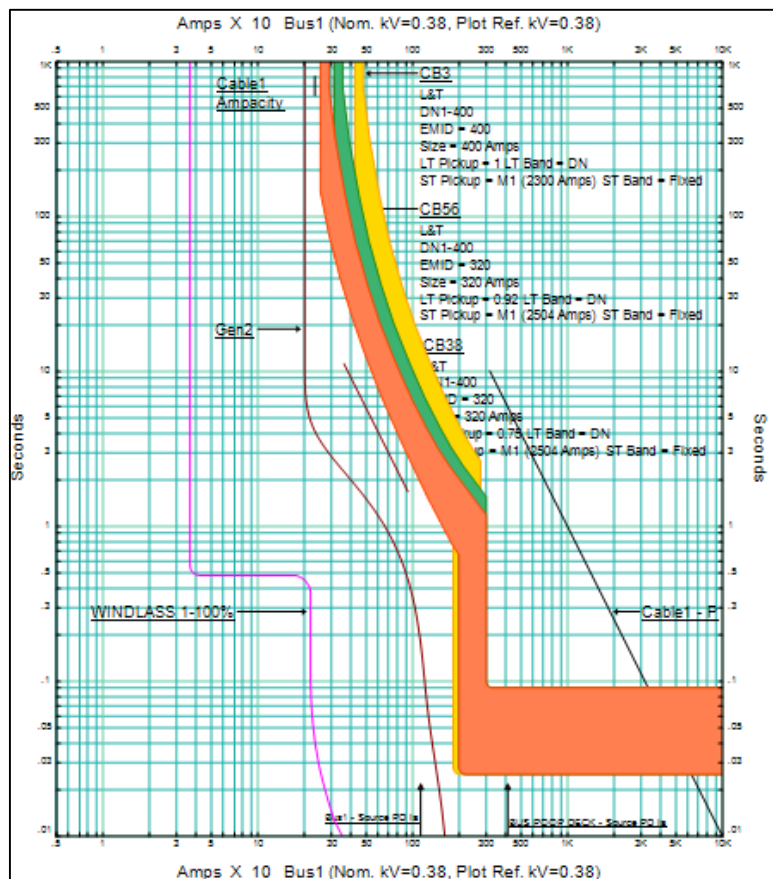
Gambar. 4.7.4.2 Urutan pemutusan kontak pada CB no.3, CB no. 38 dan CB no. 56

Pengaman pertama pada *circuit breaker* no. 38, *circuit breaker* ini memiliki fungsi sebagai pelindung peralatan trafo apabila terjadi gangguan pada *Bus Poop Deck* juga sebagai pelindung *backup* pengaman di bawahnya ketika *circuit breaker* no.56 gagal mengamankan gangguan. Dibawah *circuit breaker* no. 38

terdapat *circuit breaker* no. 56, *circuit breaker* no. 56 ini berfungsi sebagai pelindung untuk salah satu peralatan *windlass*. *Circuit breaker* terakhir adalah no. 3, sebagai pelindung untuk generator utama. Dan juga sebagai pengaman *backup* ketika *circuit breaker* dibawahnya gagal mengamankan gangguan.

Setelah melakukan plot kurva menggunakan simulasi *Star-Protective Device Coordination* sehingga menghasilkan plot kurva arus waktu seperti pada gambar 4.7.3.6.

Dari hasil simulasi menggunakan *star-protective device coordination*, dapat disimpulkan bahwa saat motor *windlass* melakukan *starting*, kurva *starting* dari motor *windlass* masih berada dibelakang kurva kerja dari ketiga *circuit breaker*. Sehingga apabila ada arus lonjakan yang disebabkan dari motor *windlass* masih dapat diamankan dengan ketiga *circuit breaker* tersebut.



Gambar. 4.7.4.3 Kurva Arus Waktu Hasil Plot Pengaturan CB no. 4, CB no. 38 dan CB no. 56

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa koordinasi *circuit breaker* pada sistem kelistrikan di perancangan kapal tanker, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi besarnya nilai arus hubung singkat apabila terjadi suatu gangguan yaitu, besarnya daya yang dibutuhkan pada setiap peralatan dan banyak jumlah peralatan yang digunakan pada keempat kondisi kapal saat beroperasi. Besarnya nilai arus hubung singkat terdapat pada kondisi bongkar muat dan nilai terkecil pada kondisi *maneuvering*. Dibutuhkan analisa *load flow* sebelum menentukan besarnya nilai arus hubung singkat pada salah satu tipikal gangguan. Analisa *load flow* digunakan untuk menentukan nilai rating arus pada setiap *circuit breaker*. Pengaturan *circuit breaker* dibuat beberapa gangguan berdasarkan tipikal gangguannya untuk mempermudah dalam pengaturannya. Apabila terjadi gangguan pada salah satu daerah, *circuit breaker* yang paling dekat dengan daerah gangguan melakukan pelepasan kontak (*open*) kemudian *circuit breaker* yang menghubungkan daerah gangguan dengan salah satu *circuit breaker* generator utama dan yang terakhir salah satu *circuit breaker* pada generator utama. Urutan pemutusan kontak (*open*) *circuit breaker* dilakukan berdasarkan *circuit breaker* yang paling dekat dengan daerah gangguan agar dapat memutus arus hubung singkat daerah gangguan dengan peralatan yang masih dalam kondisi normal. Kemudian pemutusan *circuit breaker* selanjutnya dilakukan pada peralatan yang memiliki nilai arus lebih terbesar.
2. Pada kurva arus-waktu gangguan disimulasikan untuk empat kondisi. Dibuat tiga tipikal gangguan untuk memudahkan pengaturan koordinasi *circuit breaker*. Tiga tipikal gangguan tersebut yaitu, gangguan pada salah satu peralatan disalah satu deck, gangguan pada bagian trafo dan gangguan peralatan bagian *emergency*. Dari hasil simulasi menggunakan *Star-Protective Device Coordination*, dapat diambil kesimpulan bahwa untuk kurva *starting* motor yang terletak dibelakang kurva kerja *circuit breaker* menandakan saat terjadinya lonjakan arus *start*, motor masih dapat dilindungi selama kurva *starting* motor tetap berada di belakang kurva kerja *circuit breaker*. Untuk peralatan pada kurva arus-waktu yang masih memotong garis kurva dari peralatan lain dilakukan pengaturan (penyetelan) kembali untuk mengantisipasi terjadinya *trip*.

### 5.2 Saran

Karena tugas akhir ini merupakan pembuatan awal dalam hal pengaturan koordinasi proteksi menggunakan *circuit breaker*. Untuk itu perlu adanya pengaturan dalam hal penyetelan ulang dalam hal pengaturan *circuit breaker* yang kurang tepat. Membandingkan hasil nilai arus hubung singkat secara perhitungan manual dan nilai arus hubung singkat berdasarkan hasil simulasi.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

Wildi, T. 2002. *Electrical Machines, Drives, and Power System*, Sixth Edition. New Jersey : Upper Saddle River.

Blackburn, J, dkk. 2007. *Protective Relaying-Principles and Applications*, Third edition.

Alawiy, M. 2006. Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Jurnal Ilmiah, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Malang

Low Voltage Expet Guide Schneider Electric. 2008. Coordination of Low Voltage Protection Devices.

Siemens. Basic of Circuit Breaker.

Data Bulletin Schneider Electric. Bulletin No.0600DB0105. 2001. *Circuit Breaker Characteristic and Coordination Trip Curves*. Cedar Rapids, IA, USA

Csanyi,Edward. 2016. *Six Adjustable Tripping Settings of Circuit Breaker*. (Website: [Electrial-engineering-portal.com](http://Electrial-engineering-portal.com)). di akses 12- Juni-2017 Jam 13.38 WIB

Technical Manual. 1991. *Coordinated Power System Protection*. Departmen of the Army.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **LAMPIRAN**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



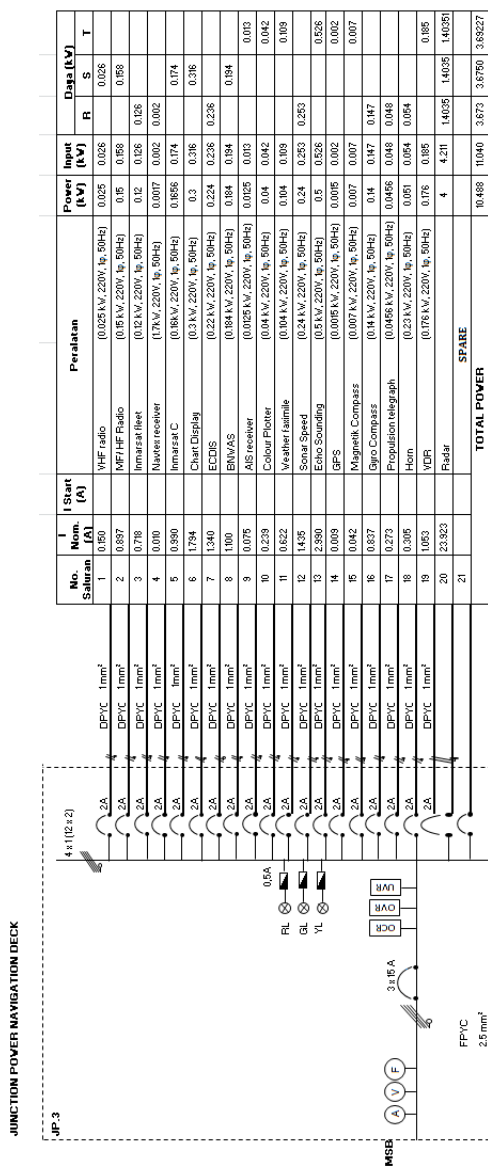
## DATA WIRING POWER POOP DECK PADA EXCEL

No. Saluran	I Nom. (A)	I Start (A)	Peralatan	Power (kW)	Input (kW)	Daya (kW)
1	38,029	114,086	Windilas	(19kW, 380V, 3ø 50Hz)	19	20,000
2	38,029	114,086	Windilas	(19kW, 380V, 3ø 50Hz)	19	20,000
3	24,018	72,054	Capitan	(12kW, 380V, 3ø 50Hz)	12	12,632
4	24,018	72,054	Capitan	(12kW, 380V, 3ø 50Hz)	12	12,632
5	11,409	34,226	Accommodation Ladder Winch	(5,7kW, 380V, 3ø 50Hz)	5,7	6,000
6	46,035	138,104	Central Air Conditioner	(23kW, 380V, 3ø 50Hz)	23	24,411
7	24,018	72,054	Provision Crane	(12kW, 380V, 3ø 50Hz)	12	12,632
8			SPARE			
9			SPARE			
TOTAL POWER				102,7	108,104	36,04

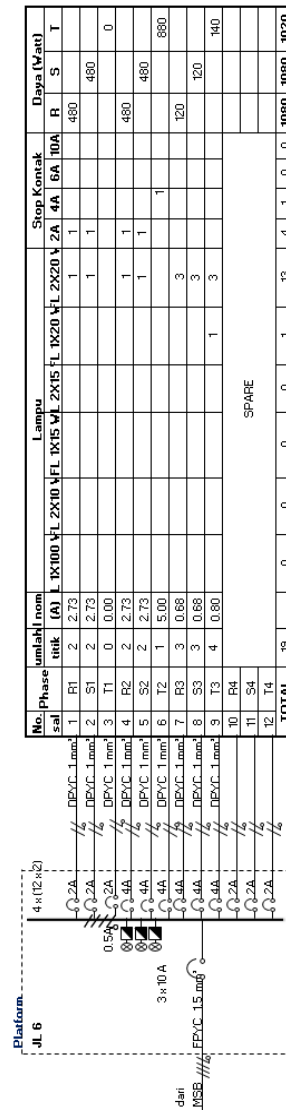
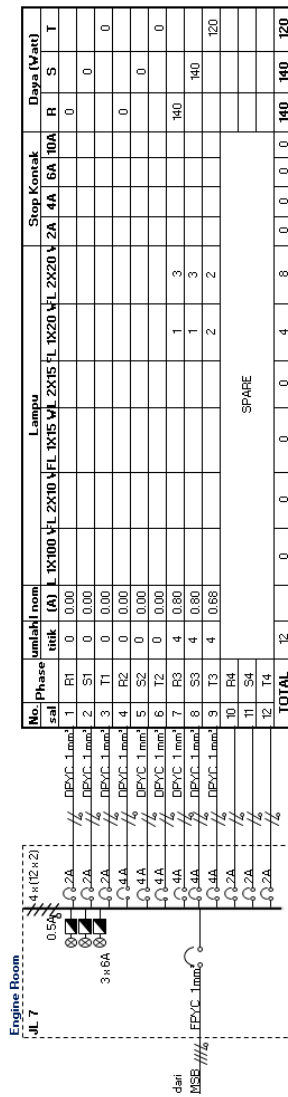
DATA WIRING POWER ENGINE ROOM PADA EXCEL

JUNCTION POWER ENGINE ROOM									
JP-3									
4x2 (0x10)									
0.5A									
RL									
VL									
3x700 A									
HSR									
FFVC 625 mm <sup>2</sup>									
No. Seta	I Start	I	Perlatan	Power	Instalasi	Power	Instalasi	Power	Instalasi
1	4.403	13.210	HDIO Transfer Pump 1 (2.20kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.20	2.316	2.20	2.316	2.20	2.316
2	4.403	13.210	HDIO Transfer Pump 2 (2.20kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.20	2.316	2.20	2.316	2.20	2.316
3	20.015		HDIO Pre-heater 1 (10kW, 380V, 3p, 50Hz)	10.00	10.524	10.00	10.524	10.00	10.524
4	20.015		HDIO Pre-heater 2 (10kW, 380V, 3p, 50Hz)	10.00	10.524	10.00	10.524	10.00	10.524
5	16.012	48.035	HDIO Separator 1 (8kW, 380V, 3p, 50Hz)	8.00	8.421	8.00	8.421	8.00	8.421
6	16.012	48.035	HDIO Separator 2 (8kW, 380V, 3p, 50Hz)	8.00	8.421	8.00	8.421	8.00	8.421
7	4.403	12.009	HDIO Circulation Pumps (2.2kW, 220V, 3p, 50Hz)	2.00	2.105	2.00	2.105	2.00	2.105
8	4.403	12.009	HDIO Circulation Pumps (2.2kW, 220V, 3p, 50Hz)	2.00	2.105	2.00	2.105	2.00	2.105
9	4.403	13.510	LO Transfer Pump (2.25kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.25	2.363	2.25	2.363	2.25	2.363
10	4.403		LO Separator Fuel Pump (0.75kW, 220V, 1p, 50Hz)	0.75	0.799	0.75	0.799	0.75	0.799
11	16.012	48.035	LO Separator (8kW, 380V, 3p, 50Hz)	8.00	8.421	8.00	8.421	8.00	8.421
12	24.018	72.054	LO Separator (425kW, 380V, 3p, 50Hz)	42.00	42.632	42.00	42.632	42.00	42.632
13	60.546	182.527	LO Standby Pump (30.4kW, 380V, 3p, 50Hz)	30.4	32.000	30.4	32.000	30.4	32.000
14	22.017	66.050	SW Cooling Pump 1 (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.0	11.579	11.0	11.579	11.0	11.579
15	22.017	66.050	SW Cooling Pump 2 (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.0	11.579	11.0	11.579	11.0	11.579
16	20.015		Prokaster (10kW, 380V, 3p, 50Hz)	10.0	10.524	10.0	10.524	10.0	10.524
17	4.403	13.210	Circulation Pump (2.2kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.20	2.316	2.20	2.316	2.20	2.316
18	30.023	90.063	LT Standby (15kW, 380V, 3p, 50Hz)	15.00	15.799	15.00	15.799	15.00	15.799
19	22.017	66.050	HT Standby (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.00	11.579	11.00	11.579	11.00	11.579
20	4.403	13.210	CO Transfer Pump (2.2kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.2	2.316	2.2	2.316	2.2	2.316
21	4.403	13.210	CO Transfer Pump (2.2kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.2	2.316	2.2	2.316	2.2	2.316
22	4.403	13.210	Air Compressor 1 (2.3kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.3	2.421	2.3	2.421	2.3	2.421
23	4.403	13.210	Air Compressor 2 (2.3kW, 380V, 3p, 50Hz)	2.3	2.421	2.3	2.421	2.3	2.421
24	6.007		Oil/Water Separator (0.67kW, 220V, 1p, 50Hz)	0.67	0.705	0.67	0.705	0.67	0.705
25	22.017	66.050	Ballast Pump (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.00	11.579	11.00	11.579	11.00	11.579
26	22.017	66.050	Ballast Pump (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.00	11.579	11.00	11.579	11.00	11.579
27	30.023	90.063	Fire Pump (15kW, 380V, 3p, 50Hz)	15.00	15.799	15.00	15.799	15.00	15.799
28	30.023	90.063	Fire Pump (15kW, 380V, 3p, 50Hz)	15.00	15.799	15.00	15.799	15.00	15.799
29	22.017	66.050	General Service Pump (11kW, 380V, 3p, 50Hz)	11.00	11.579	11.00	11.579	11.00	11.579
30	44.124	132.361	Accommodation Supply (22.35kW, 380V, 3p, 50Hz)	22.35	23.524	22.35	23.524	22.35	23.524
31	44.124	132.361	Accommodation Supply (22.35kW, 380V, 3p, 50Hz)	22.35	23.524	22.35	23.524	22.35	23.524
32			SPARE						
33			Total Power	225.87	240.34	142.11	142.11	142.11	142.11

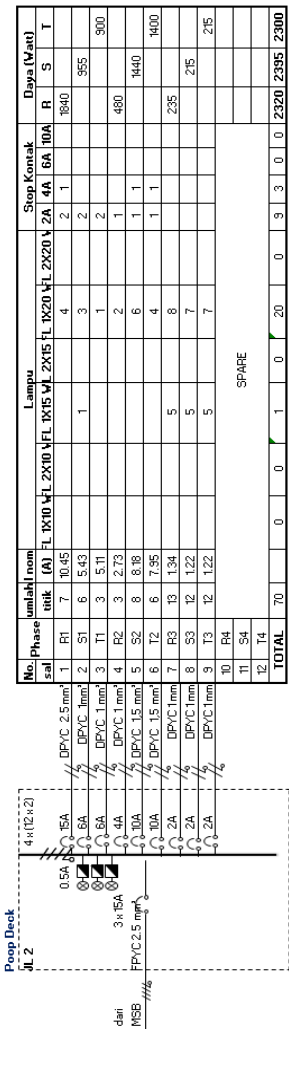
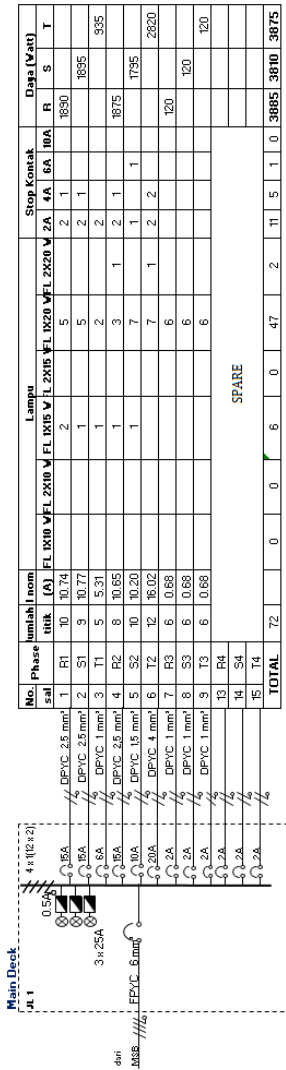
## DATA WIRING POWER NAVIGATION DECK PADA EXCEL



## DATA WIRING LIGHTING ENGINE ROOM PADA EXCEL

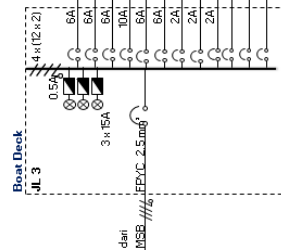


DATA WIRING LIGHTING MAIN DECK DAN POOP DECK PADA EXCEL

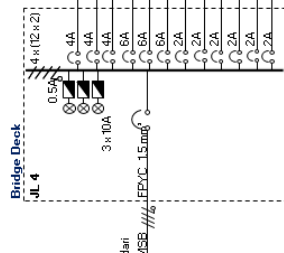




## DATA WIRING LIGHTING BOAT DECK DAN BRIDGE DECK PADA EXCEL

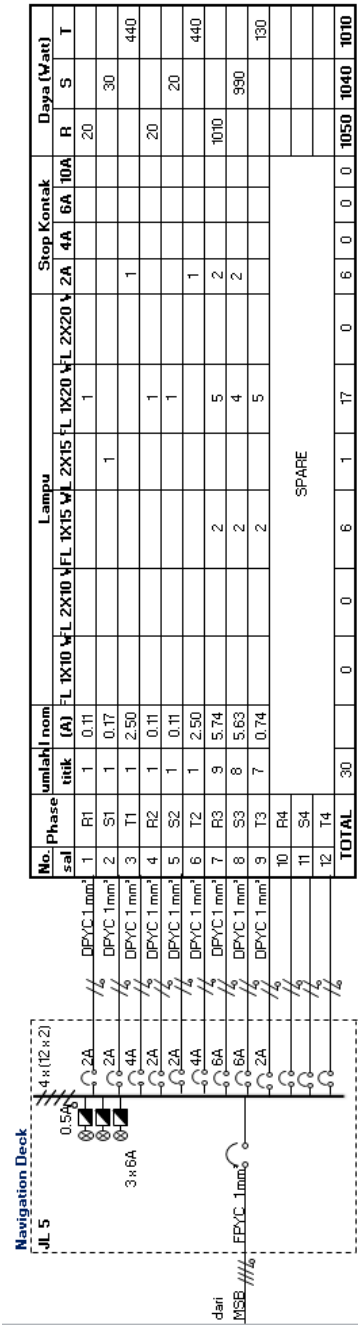


No. serial	Phase	unlaid mit	(A)	Lampu										Stop Kontak				Days (Wat)	
				FL	IX10	VI-L	2X10	VI-L	IX15	VI-L	IX20	VI-L	2X20	2A	4A	6A	10A	S	T
1	R1	5	2.93									3		1			515		
2	S1	6	5.43									3		2			955		
3	T1	6	5.45									4		2			960		
4	R2	6	8.04									2	1	1			1415		
5	S2	6	5.43									3		2			955		
6	T2	4	5.45									2	1	1			960		
7	R3	9	0.99									1		8			175		
8	S3	8	0.68									1		7			155		
9	T3	8	0.91											8			160		
10	R4																		
11	S4																		
12	T4																		
SPARE																			
total		58		0	0	4	0	17	2	8	2	0	0	0	0	0	1530	1920	

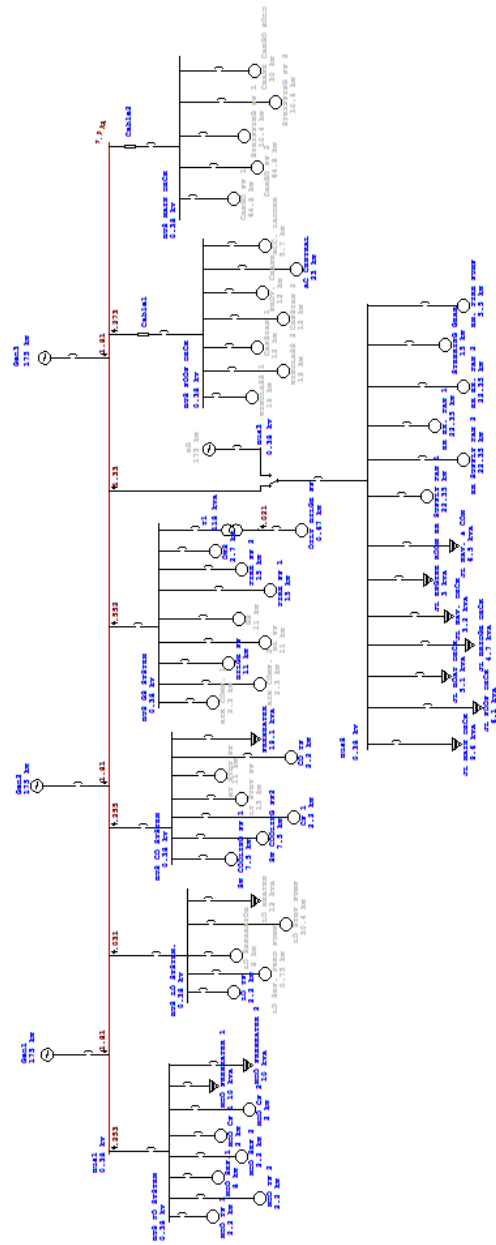


No.	Phase	Mol	unlaml nom	Lampu										Stop Kontak				Daya (Watt)	
				FL 1X10	FL 2X10	FL 1X15	FL 2X15	FL 1X20	FL 2X20	2A	4A	6A	10A	R	S	T			
1	R1	4	3.18								3	1				580			
2	S1	3	2.95								2	1				520			
3	T1	3	2.95								2	1				520			
4	R2	5	5.57						1		2	2				980			
5	S2	5	5.57						1		2	2				980			
6	T2	5	5.54					1		2	1			1		975			
7	R3	8	0.88												155				
8	S3	7	0.77					1		6						135			
9	T3	7	0.77					1		6						135			
10	R4																		
11	S4																		
12	T4																		
13	S5	7	0.77					1		6						135			
14	T5	7	0.77					1		6						135			
SPARE																			

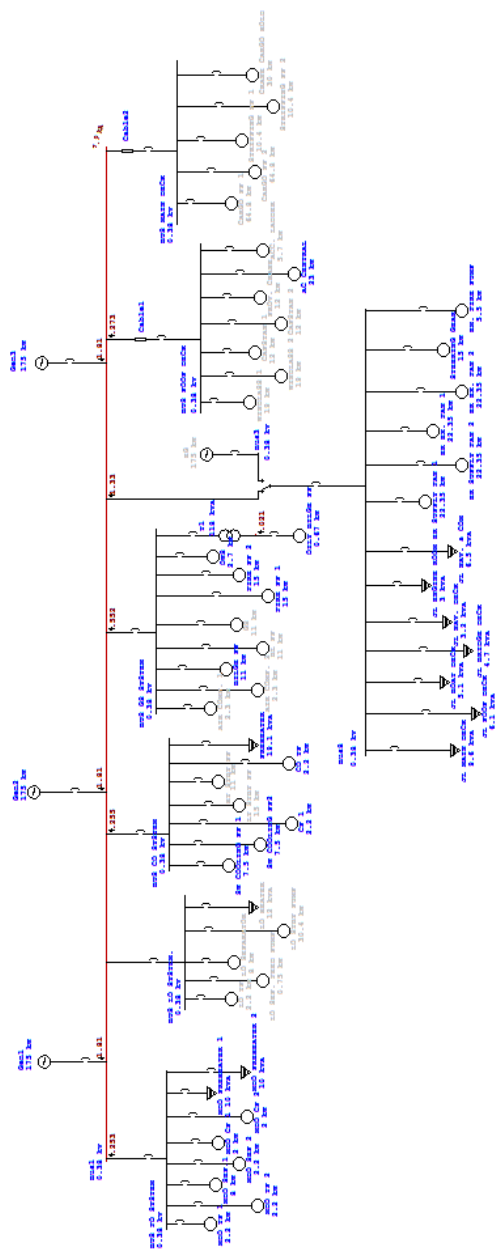
DATA WIRING LIGHTING NAVIGATION DECK PADA EXCEL



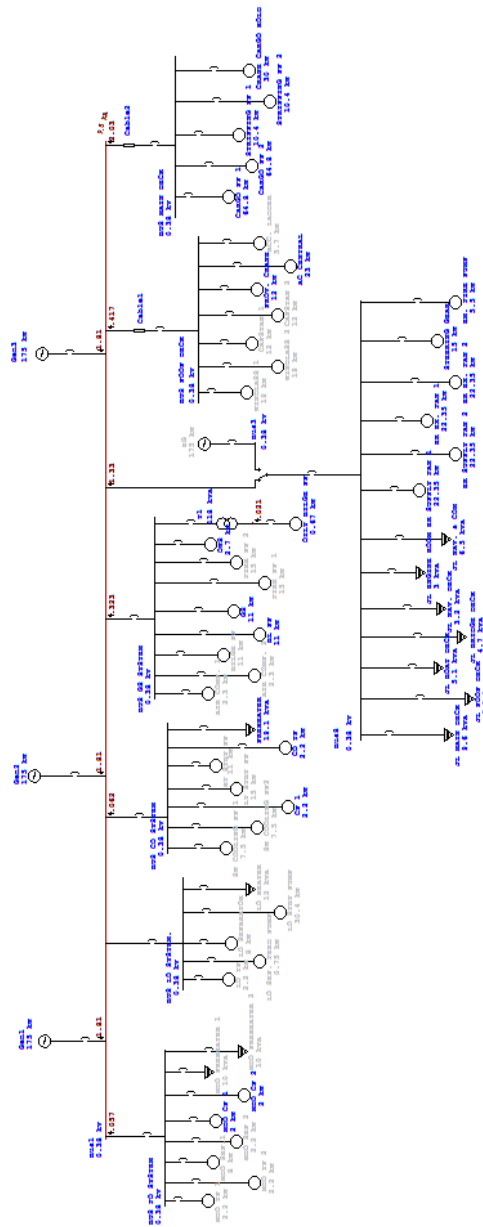
# ONELINE DIAGRAM KONDISI BERLAYAR (FAULT BUS 1)



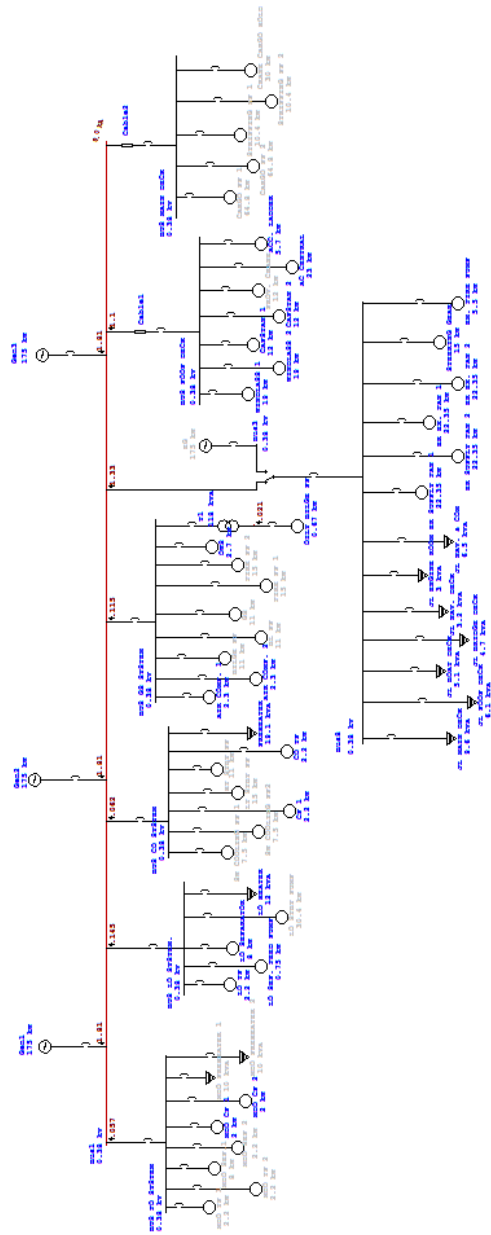
### ONELINE DIAGRAM KONDISI MANEUVERING (FAULT BUS 1)



# ONELINE DIAGRAM KONDISI BONGKAR MUAT (FAULT BUS 1)



# ONELINE DIAGRAM KONDISI DI PELABUHAN (FAULT BUS 1)



TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : Main bus (2)					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.81	1.81	1.81	1.81
2	Generator 2	1.81	1.81	1.81	1.81
3	Generator 3	1.81	1.81	1.81	1.81
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	0.727	-
12	Cargo Pump 2	-	-	0.727	-
13	Stripping Pump 1	-	-	0.132	-
14	Stripping Pump 2	-	-	0.132	-
15	Crane Cargo Hold	-	-	0.354	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03	0.03	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.03	0.03	-	-
18	MDO Separator 1	0.103	0.103	-	-
19	MDO Separator 2	0.103	0.103	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.029	0.029	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029	0.029	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031	-	-	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.097	0.097	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.097	0.097	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
29	Circulating Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
31	Bilge Pump	0.137	0.137	-	-
32	Fire Pump 1	0.183	0.183	-	-
33	Fire Pump 2	0.183	0.183	-	-
34	General Service Pump	-	-	0.137	-
35	Ballast Pump	-	-	0.137	-
36	Oily Bilge Pump	0.038	0.038	0.038	0.038

37	OWS	0.012	0.012	0.012	0.012
38	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
39	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
40	E/R Supply Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072	0.072	0.051	0.051
45	Steering Gear	0.185	0.185	0.132	0.132
TOTAL		8.2	8.169	9.632	8.184



TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : FO System bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.81	1.81	1.81	1.81
2	Generator 2	1.81	1.81	1.81	1.81
3	Generator 3	1.81	1.81	1.81	1.81
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	0.727	-
12	Cargo Pump 2	-	-	0.727	-
13	Stripping Pump 1	-	-	0.132	-
14	Stripping Pump 2	-	-	0.132	-
15	Crane Cargo Hold	-	-	0.354	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03	0.03	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.03	0.03	-	-
18	MDO Separator 1	0.103	0.103	-	-
19	MDO Separator 2	0.103	0.103	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.029	0.029	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029	0.029	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031	-	-	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.097	0.097	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.097	0.097	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
29	Circulating Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
31	Bilge Pump	0.137	0.137	-	-
32	Fire Pump 1	0.183	0.183	-	-
33	Fire Pump 2	0.183	0.183	-	-
34	General Service Pump	-	-	0.137	-
35	Ballast Pump	-	-	0.137	-
36	Oily Bilge Pump	0.038	0.038	0.038	0.038

37	OWS	0.012	0.012	0.012	0.012
38	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
39	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
40	E/R Supply Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072	0.072	0.051	0.051
45	Steering Gear	0.185	0.185	0.132	0.132
TOTAL		8.2	8.169	9.632	8.184

TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : LO System bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.81	1.81	1.81	1.81
2	Generator 2	1.81	1.81	1.81	1.81
3	Generator 3	1.81	1.81	1.81	1.81
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	0.727	-
12	Cargo Pump 2	-	-	0.727	-
13	Stripping Pump 1	-	-	0.132	-
14	Stripping Pump 2	-	-	0.132	-
15	Crane Cargo Hold	-	-	0.354	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03	0.03	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.03	0.03	-	-
18	MDO Separator 1	0.103	0.103	-	-
19	MDO Separator 2	0.103	0.103	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.029	0.029	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029	0.029	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031	-	-	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.097	0.097	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.097	0.097	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
29	Circulating Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
31	Bilge Pump	0.137	0.137	-	-
32	Fire Pump 1	0.183	0.183	-	-
33	Fire Pump 2	0.183	0.183	-	-
34	General Service Pump	-	-	0.137	-
35	Ballast Pump	-	-	0.137	-
36	Oily Bilge Pump	0.038	0.038	0.038	0.038

37	OWS	0.012	0.012	0.012	0.012
38	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
39	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
40	E/R Supply Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072	0.072	0.051	0.051
45	Steering Gear	0.185	0.185	0.132	0.132
TOTAL		8.2	8.169	9.632	8.184

TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : CO System bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.81	1.81	1.81	1.81
2	Generator 2	1.81	1.81	1.81	1.81
3	Generator 3	1.81	1.81	1.81	1.81
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	2.03	-
12	Cargo Pump 2	-	-		-
13	Stripping Pump 1	-	-		-
14	Stripping Pump 2	-	-		-
15	Crane Cargo Hold	-	-		-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03	0.03	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.03	0.03	-	-
18	MDO Separator 1	0.103	0.103	-	-
19	MDO Separator 2	0.103	0.103	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.029	0.029	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029	0.029	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031	-	-	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.097	0.097	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.097	0.097	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
29	Circulating Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
31	Bilge Pump	0.137	0.137	-	-
32	Fire Pump 1	0.183	0.183	-	-
33	Fire Pump 2	0.183	0.183	-	-
34	General Service Pump	-	-	0.137	-
35	Ballast Pump	-	-	0.137	-
36	Oily Bilge Pump	0.038	0.038	0.038	0.038

37	OWS	0.012	0.012	0.012	0.012
38	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
39	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
40	E/R Supply Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072	0.072	0.051	0.051
45	Steering Gear	0.185	0.185	0.132	0.132
TOTAL		8.2	8.169	9.59	8.184

TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : GS System bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.81	1.81	1.81	1.81
2	Generator 2	1.81	1.81	1.81	1.81
3	Generator 3	1.81	1.81	1.81	1.81
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	0.727	-
12	Cargo Pump 2	-	-	0.727	-
13	Stripping Pump 1	-	-	0.132	-
14	Stripping Pump 2	-	-	0.132	-
15	Crane Cargo Hold	-	-	0.354	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.03	0.03	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.03	0.03	-	-
18	MDO Separator 1	0.103	0.103	-	-
19	MDO Separator 2	0.103	0.103	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.029	0.029	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.029	0.029	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.031	-	-	0.031
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.097	0.097	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.097	0.097	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
29	Circulating Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
30	CO Transfer Pump	0.031	0.031	0.031	0.031
31	Bilge Pump	0.137	0.137	-	-
32	Fire Pump 1	0.183	0.183	-	-
33	Fire Pump 2	0.183	0.183	-	-
34	General Service Pump	-	-	0.137	-
35	Ballast Pump	-	-	0.137	-
36	Oily Bilge Pump	0.038	0.038	0.038	0.038

37	OWS	0.012	0.012	0.012	0.012
38	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
39	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
40	E/R Supply Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
41	E/R Supply Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
42	E/R Exhaust Fan 1	0.269	0.269	0.269	0.269
43	E/R Exhaust Fan 2	0.269	0.269	0.269	0.269
44	Emergency Fire Pump	0.072	0.072	0.051	0.051
45	Steering Gear	0.185	0.185	0.132	0.132
TOTAL		8.2	8.169	9.632	8.184



TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : Pop Deck bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.29	1.29	1.29	1.29
2	Generator 2	1.29	1.29	1.29	1.29
3	Generator 3	1.29	1.29	1.29	1.29
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.273	0.273	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	2.03	-
12	Cargo Pump 2	-	-		-
13	Stripping Pump 1	-	-		-
14	Stripping Pump 2	-	-		-
15	Crane Cargo Hold	-	-		-
16	MDO Transfer Pump 1	0.22	0.22	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.22	0.22	-	-
18	MDO Separator 1	0.073	0.073	-	-
19	MDO Separator 2	0.073	0.073	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.02	0.02	0.02	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.02	0.02	0.02	0.029
22	LO Transfer Pump	0.022	-	-	0.022
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.069	0.069	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.069	0.069	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
27	Circulating Pump	0.022	0.022	0.022	0.022
28	CO Transfer Pump	0.022	0.022	0.022	0.022
29	Bilge Pump	0.098	0.098	-	-
30	Fire Pump 1	0.13	0.13	-	-
31	Fire Pump 2	0.13	0.13	-	-
32	General Service Pump	-	-	0.144	-
33	Ballast Pump	-	-	0.144	-
34	Oily Bilge Pump	0.009	0.009	0.009	0.009

35	OWS	0.027	0.027	0.027	0.027
36	Air Compressor 1	-	-	-	0.032
37	Air Compressor 2	-	-	-	0.032
38	E/R Supply Fan 1	0.191	0.191	0.191	0.191
39	E/R Supply Fan 2	0.191	0.191	0.191	0.191
40	E/R Exhaust Fan 1	0.191	0.191	0.191	0.191
41	E/R Exhaust Fan 2	0.191	0.191	0.191	0.191
42	Emergency Fire Pump	0.051	0.051	0.051	0.051
43	Steering Gear	0.132	0.132	0.132	0.132
TOTAL		6.314	6.292	7.682	6.271

TABEL NILAI ARUS HUBUNG SINGKAT

Fault : Main Deck bus					
No.	Components	Short Circuit (kA)			
		Sailing	Maneuvering	Cargo handling	At port
1	Generator 1	1.26	1.26	1.81	1.26
2	Generator 2	1.26	1.26	1.81	1.26
3	Generator 3	1.26	1.26	1.81	1.26
4	Provision Crane	-	-	0.151	-
5	AC Central	0.191	0.191	0.276	0.276
6	Accommodation Ladder	-	-	-	0.075
7	Windlass 1	-	-	-	0.231
8	Windlass 2	-	-	-	0.231
9	Capstan 1	-	-	-	0.151
10	Capstan 2	-	-	-	0.151
11	Cargo Pump 1	-	-	0.727	-
12	Cargo Pump 2	-	-	0.727	-
13	Stripping Pump 1	-	-	0.132	-
14	Stripping Pump 2	-	-	0.132	-
15	Crane Cargo Hold	-	-	0.354	-
16	MDO Transfer Pump 1	0.22	0.22	-	-
17	MDO Transfer Pump 2	0.22	0.22	-	-
18	MDO Separator 1	0.072	0.072	-	-
19	MDO Separator 2	0.072	0.072	-	-
20	MDO Circulating Pump 1	0.02	0.02	0.029	0.029
21	MDO Circulating Pump 2	0.02	0.02	0.029	0.029
22	LO Transfer Pump	0.022	-	-	0.022
23	LO Separator Feed Pump	-	-	-	0.012
24	LO Separator	-	-	-	0.103
25	SW Cooling Pump 1	0.069	0.069	-	-
26	SW Cooling Pump 2	0.069	0.069	-	-
27	HT Standby Pump	-	-	-	-
28	LT Standby Pump	-	-	-	-
27	Circulating Pump	0.022	0.022	0.031	0.022
28	CO Transfer Pump	0.022	0.022	0.031	0.022
29	Bilge Pump	0.096	0.096	-	-
30	Fire Pump 1	0.128	0.128	-	-
31	Fire Pump 2	0.128	0.128	-	-
32	General Service Pump	-	-	0.137	-
33	Ballast Pump	-	-	0.137	-
34	Oily Bilge Pump	0.009	0.009	0.009	0.009

35	OWS	0.026	0.026	0.026	0.026
36	Air Compressor 1	-	-	-	
37	Air Compressor 2	-	-	-	
38	E/R Supply Fan 1	0.191	0.191	0.191	0.191
39	E/R Supply Fan 2	0.191	0.191	0.191	0.191
40	E/R Exhaust Fan 1	0.191	0.191	0.191	0.191
41	E/R Exhaust Fan 2	0.191	0.191	0.191	0.191
42	Emergency Fire Pump	0.051	0.051	0.051	0.051
43	Steering Gear	0.132	0.132	0.132	0.132
TOTAL		6.133	6.111	9.305	6.116

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 28 Februari 1995. Perempuan dengan nama lengkap Riantini Karmina ini memulai pendidikan formalnya di SD Islamic Village, Kota Tangerang. Kemudian penulis melanjutkan studinya di SMP Islamic Village Kota Tangerang. Jenjang SMA diselesaikan penulis di SMAN 65 Jakarta. Penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat Perguruan Tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013. Pada tahun-tahun awal perkuliahan penulis aktif menjadi bagian dalam beberapa kegiatan yang diselenggarakan Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan. Dan pada tahun terakhir perkuliahan penulis mulai bergabung di Laboratorium *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Penulis berhasil menyelesaikan studi strata 1 dalam waktu empat tahun. Untuk kontak dapat menghubungi email penulis [Riantini28@gmail.com](mailto:Riantini28@gmail.com).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***